Beiträge

zur

Kenntniss der Lemaneaceen.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doctorwürde

der

philosophischen Facultät

der

Albert-Ludwigs-Universität zu Freiburg

vorgelegt

von

Felix Bornemann
aus Eisenach.

Berlin 1887.
A. W. Schade's Buchdruckerei (L. Schade)
Stallschreiberstrasse 45/46.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Die Familie der *Lemaneaceae* umfasst in den beiden Gattungen *Lemanea* Sirodot und *Sacheria* Sirodot Süsswasser-Florideen von eigenartigem Bau, deren Thallus zwei ganz von einander verschiedene Formen besitzt. — Die eine derselben, welche aus mehreren parenchymatischen Zellschichten besteht, stellt einen borstenförmigen verzweigten oder einfachen, im Inneren hohlen, von einer axilen Zellreihe durchzogenen und durch in regelmässigen Abständen stehende Anschwellungen (Knoten) ausgezeichneten Zellkörper dar. — Derselbe ist olivengrün, roth, dunkelroth bis dunkelviolett gefärbt. Er erwächst durch Sprossung aus der anderen Thallusform, welche von mehr oder weniger verzweigten *Chantransia*-ähnlichen Zellreihen gebildet wird.

Diese sind schwach roth gefärbt und erwachsen ihrerseits aus den Carposporen, oder aus Zellen der anderen Thallusform.

Die Fructificationsorgane finden sich nur auf der zuerst beschriebenen Form, und zwar die Antheridien auf der Aussenseite der Knoten, die Cystocarpien im inneren Hohlraum des Körpers, das Procarp der Wandung eingesenkt, und dieselbe mit der Trichogyne durchbrechend.

Tetrasporen sind nicht bekannt.

Die sehr zerstreute Litteratur hat mit Ausnahme weniger Arbeiten, lediglich geschichtliches Interesse, zum Theil sind es nur Notizen systematischen Inhaltes; es liegt daher kein Grund vor, näher auf dieselbe einzugehen, und

füge ich der Aufzählung der mir bekannten Litteratur zugleich auch der Kürze wegen die Gattungssynonymen bei. —

Erwähnt sei nur noch, dass die Gattung *Lemanea*, nicht *Lemania*, wie mehrere Autoren schreiben, von Bory 1808 begründet und nach dem französischen Botaniker Dominique Sebastian Leman 1781—1829 benannt wurde.

Adanson, M., Familles des plantes I. Paris 1763. (*Apona*).
Agardh, C. A., Species Algarum. Vol. sec. sect. prior. Gryphiae 1824—28, p. 1—8.
Braun, Verjüngung der Natur. Freiburg 1849, p. 164.
Bory, in Annales du Museum d'histoire naturelle 1808. XII.
De Candolle, Flore française VI. Paris 1805 u. 15. (*Chantransia.*)
Hassall, British Freshwater Algae. London 1845, p. 68—74.
Kützing, Phycologia generalis. Leipzig 1843, p. 322—323.
» Species Algarum. Lipsiae 1849, p. 527 u. 528.
» Tab. phyc. Tab. VII. p. 33—35.
Link, in Schrader Journal für d. Botanik. Göttingen 1809, p. 9. (*Nodularia.*)
Link, in Jahresberichte über die Arbeiten für phys. Botanik. Berlin VI. (*Gongycladon.*)
Lyngby, Tentamen Hydrophytologiae danicae. Hafniae 1819, p. 99. (*Nodularia.*)
Montagne, Phycologie übers. v. Müller. Halle 1851, p. 20.
Palisot, in Journ. bot. 1808, p. 123. (*Trichogonus.*)
Rabenhorst, Kryptogamen-Flora v. Sachsen. Leipzig 1863. I., p. 276.
Rabenhorst, Deutschlands Kryptogamen-Flora. Handbuch II., p. 175. Leipzig 1847.
Rousseaux, in Desvaux Journal botanique I., p. 143. Paris 1808. (*Vertebraria.*)
Sirodot, Annales des sciences nat. V Serie. Bot. XVI.
Thwaites, in Mohl u. Schlechtenthal bot. Ztg. 1848, p. 422.
Vaucher, Hist. d. conferves d'eau douce. Genève 1803, p. 90 bis 104. (*Polysperma.*)
Wartmann, Beitr. z. Anatomie u. Entwickelungsgeschichte d. Algengattung Lemanea. St. Gallen 1854.

Eine besondere Beachtung verdienen nur die Arbeiten von Wartmann und Sirodot. Von diesen ist die letztere eine ausgezeichnete monographische Bearbeitung französischer Lemaneen, deren Hauptbedeutung in der Beschreibung der bis dahin unbekannten Fructificationsorgane liegt. —

Die Darstellung der Anatomie stimmt mit der Wartmann's fast in allen Punkten überein, indess schenken Beide den secundären Wachsthumserscheinungen fast gar keine Aufmerksamkeit.

In dem entwicklungsgeschichtlichen Theile finden sich sowohl bei Wartmann, als bei Sirodot einige Lücken, welche das Verständniss des Ganzen beeinträchtigen.

Die Systematik der Lemaneen behandelt Sirodot gegenüber den Arbeiten von Kützing, Rabenhorst und anderen nach neuen Prinzipien, die indess zum Theil nicht allgemein anwendbar sind.

Für meine eigenen Untersuchungen diente als Grundlage Material, welches ich im Harz, Thüringerwald und Schwarzwald, zum Theil an den Originalstandorten Kützing's und Anderer gesammelt habe, ferner Exemplare, welche ich der Güte des Herrn Dr. Klein und meines Bruders verdanke und das Material aus dem botanischen Institut zu Strassburg, welches Herr Prof. De Bary so freundlich war mir zukommen zu lassen.

Meine Arbeit gliedert sich in folgende Abschnitte:

1. Entwickelung des Thallus aus der Spore bis zum Auftreten der ersten Anlage der Fruchtkörperform.
2. Anatomie des reifen Fruchtkörpers.
3. Entwickelung desselben.
4. Ueber secundäres Wachsthum der Mark- und Rindenzellen.
5. Ueber die Verzweigung der Fruchtkörper.
6. Ueber die Fructificationsorgane und Sirodot's Theorie der »tubes placentaires«.
7. Ueber Verbreitung und Verbreitungseinrichtungen.
8. Systematischer Theil.

1. Entwickelung des Thallus.

In Folgendem versuche ich es, eine einheitliche Darstellung der Entwickelungsgeschichte der Lemaneaceen zu geben, indem ich die Angaben der verschiedenen Autoren vereinige und sichte.

Meine eigenen Beobachtungen waren dabei ausser auf die Verification des schon gefundenen auf die Ausfüllung der vorhandenen Lücken gerichtet.

Was die Nomenclatur anlangt, so schliesse ich mich der von Sirodot gegebenen an, und bezeichne mit dem Worte »Thallus« den aus einfachen, unverzweigten, oder verzweigten Zellreihen bestehenden, rein vegetativen Theil der Pflanze, incl. des primären Haftgewebes, während ich unter dem Namen »Fruchtkörper« den reproductiven Theil nebst Wurzelfäden und secundärem Haftgewebe begreife.

Auf die Einwände, welche gegen diese Bezeichnungen gemacht werden können, werde ich später zurückkommen.

Wir beginnen die Darstellung der Entwickelungsgeschichte mit der Aussaat der Sporen. — In der Form und Grösse derselben habe ich zwischen den einzelnen Spezies keinen Unterschied constatiren können, wie ihn Wartmann angiebt. Die Länge schwankt im Allgemeinen zwischen 20—40 μ, die Breite zwischen 15 und 25 μ bei allen Arten, indess kommen auch zuweilen kleinere und grössere Dimensionen vor. Die Form variirt von Kugel- bis Spindelform, meist ist sie oval, oder durch gegenseitigen Druck polyedrisch.

Der Inhalt ist körnig, undurchsichtig, gelblich grün bis grasgrün, bei einigen Arten der Gattung *Lemanea* auch etwas röthlich gefärbt.

Im Inneren findet sich ein grosser, durch seine helle Farbe leicht kenntlicher Zellkern, der meist in der Mitte liegt.

Die Zeit, in welcher die neue Vegetationsperiode der Lemaneen beginnt, ist bei den verschiedenen Arten verschieden. Während ich von *Sacheria fluviatilis* schon im August junge Exemplare im Okerthal im Harz fand,

zeigt *Lemanea annulata* Kg. erst im October keimende Sporen.

Man findet die ausgekeimten Sporen selten einzeln, meist sind sie, in grosser Anzahl zusammenhängend, vermittelst des klebrigen Schleimes, in welchem sie in dem Fruchtkörper eingebettet sind, und welcher mit ihnen entleert wird, dem Substrat angeheftet.

Die Keimung der Sporen wurde schon von Vaucher, nach ihm von Wartmann beobachtet. — Beide beschreiben den Vorgang übereinstimmend (Wartmann p. 12): »Die Keimung beginnt damit, dass die Spore sich ausstülpt. Die Ausstülpnng verlängert sich allmälig und trennt sich endlich durch eine Zellmembran von jener. Nachdem sich die neue Zelle wieder verlängert hat, theilt sie sich durch eine horizontale Querwand in zwei hinter einander liegende Zellen.

Das weitere Spitzenwachsthum erfolgt so, dass sich die Scheitelzelle fortwährend und unbegrenzt durch eine horizontale Querwand in zwei Zellen, eine neue Scheitelzelle und eine Gliederzelle theilt. Weitere horizontale Wände treten in diesen keine mehr auf, wohl dagegen wachsen manche seitlich aus.«

Meine Beobachtungen differiren von dieser Darstellung nicht unerheblich. — An *Sacheria fluviatilis*, welche ich im »kalten Thal« südlich Wernigerode im Harz sammelte, konnte ich die einzelnen Stadien der Keimung genau verfolgen.

Schon an der reifen Spore erkennt man bei hinreichender Vergrösserung deutlich, dass die Sporenwand zweischichtig ist. — Die äussere Schicht wird an einer beliebigen Stelle durchbrochen, und zwar muss dies durch Auflösen der Membran geschehen, da weder Risse beobachtet werden konnten, noch die Spore, wenn ihr Plasmagehalt verbraucht ist, ihre ursprüngliche Form verändert. (Taf, I, Fig. 5 a—d.)

Aus dem kreisrunden Loch der äusseren Membran wölbt sich die innere Schicht bruchsackartig hervor, ver-

längert sich und grenzt durch eine Scheidewand eine Scheitelzelle ab, welche fortwächst und den Vorgang wiederholt. — Mit diesem Prozess geht eine Streckung und Theilung des kugeligen Zellkernes Hand in Hand. — Von den zwei Theilen bleibt der eine in der Spore zurück, deren Plasma nur in seltenen Fällen ganz verbraucht wird; der andere wandert in den Keimfaden, um die Kerne der einzelnen Gliederzellen zu bilden.

Die Membran der Scheitelzelle ist äusserst dünn, verdickt sich aber bedeutend während der Streckung, in dem unteren Theil, d. h. dem, welcher als Gliederzelle demnächst abgetrennt werden soll.

Zur Orientirung muss ich noch hinzufügen, dass die Keimfäden dem Substrat fest anliegen.

Die ersten ein oder zwei Gliederzellen waren an den untersuchten Keimfäden stets zwei- bis viermal so lang, als dick, während bei den folgenden das Verhältniss der Länge zur Dicke nur 1,5 bis 1 : 1 war. — Dadurch, dass viele Sporen nebeneinander keimen, lagern sich diese Zellen dicht aneinander, und es entsteht eine parenchymatische Zellfläche, in welcher man häufig die Membranen der gekeimten Sporen mit eingeschaltet sieht.

Ich möchte dieses Gebilde als »primäres Haftgewebe« bezeichnen im Gegensatz zu einem später zu beschreibenden »secundären«. — Die Zellen dieses primären Haftgewebes wachsen senkrecht zu ihrem Substrat aus, und grenzen durch eine demselben parallel gerichtete Scheidewand je eine Scheitelzelle ab, von denen jede durch weiteres Spitzenwachsthum einen Thallusfaden hervorbringt.

Auf diese Weise entstehen die kleinen Thallusrasen, welche von verschiedenen Autoren beobachtet und beschrieben wurden; ihre grössere, oder geringere Dichte hängt von der Zahl der ausgewachsenen Zellen des Haftgewebes, und von der Verzweigung der Thallusfäden selbst ab. (Taf. I, Fig. 6 u. 7.)

Haftgewebe, ähnlich dem beschriebenen finden sich auch bei anderen Algen; z. B. beobachtete ich sie an

mehreren *Chantransia*-Arten; natürlich besitzen sie dort viel kleinere Dimensionen.

Der Thallus ist bei den verschiedenen Arten der Lemaneaceen äusserst verschieden entwickelt; bei manchen ist er bis 4 mm hoch, allseitig, oder einseitig reich verzweigt, bei anderen dagegen ist er kaum 2 mm hoch, einfach, oder nur wenig verzweigt, bei noch anderen endlich ist er bis auf wenige Zellen reducirt.

Die Länge und Dicke der Gliederzellen differirt nicht nur bei den verschiedenen Arten, sondern auch an ein und demselben Thallusfaden.

Bei einzelnen Arten, wie *Lemanea nodosa*, ist die Hauptaxe des pyramidentörmigen Thallus dicker, als die Verzweigungen. (Taf. III, Fig. 3.)

Die Entstehung der Fruchtkörper an dem Thallus ist von Wartmann und Sirodot schon ausgezeichnet studirt und dargelegt worden, so dass meine Beobachtungen nur wenig Neues erbringen konnten.

Die erste Anlage des Fruchtkörpers besteht aus einem einfachen Gliederfaden, dessen Zellen viel kürzer sind, als dick. Derselbe verlängert sich durch das gleiche Spitzenwachsthum, wie die vegetativen Fäden. (Taf. I, Fig. 2—4.)

Wenn er eine gewisse Länge erreicht hat, — Wartmann beobachtete bis 10 Zellen, ich sah bis 20 — und während das Spitzenwachsthum noch fortdauert, beginnen die älteren Zellen sich durch Längsscheidewände zu theilen und so den Prozess einzuleiten, dem der ausgewachsene Fruchtkörper seine complizirte Form verdankt.

Die Höhe, in welcher die Fruchtkörper am Thallus entstehen, ist bei den verschiedenen Species verschieden, scheint aber nach den Beobachtungen Sirodots, mit denen die meinen übereinstimmen, für jede Species constant zu sein.

Meist ist es eine seitliche Verzweigung des Thallus, welche sich zum Fruchtkörper ausbildet, seltener ein terminaler Vegetationspunkt. — Zuweilen scheinen auch die Fruchtkörper direct aus dem primären Haftgewebe zu er-

wachsen, indess konnte ich in solchen Fällen immer das Vorhandensein wenigstens Einer vegetativen Zelle unter der Fruchtkörper-Anlage constatiren. (Taf. I, Fig. 7.)

Es kommt diese Erscheinung dadurch zu Stande, dass ein aus dem Haftgewebe erwachsender Thallusfaden, nachdem er eine, oder zwei vegetative Zellen gebildet hat, terminal kurze Fruchtkörper-Zellen abgrenzt. — Ich hatte öfter Gelegenheit, diese Erscheinung an *Sacheria fluviatilis β* aus dem Wildguttachthal im Schwarzwald zu beobachten.

Bevor ich auf die Entwickelungsgeschichte des Fruchtkörpers weiter eingehe, dürfte es nicht unangemessen sein, die Beschreibung der Anatomie des reifen Fruchtkörpers vorauszuschicken, um zugleich die Benennung der einzelnen Theile zu erörtern.

2. Anatomie des reifen Fruchtkörpers.

Die Species der Gattung *Lemanea* Bory gruppiren sich um zwei Typen, deren einen Sirodot unter dem Gattungsnamen *Sacheria* von der Gattung *Lemanea* Sirdt. abgetrennt hat. Die Unterschiede dieser beiden Typen sind in der That so grosse, dass eine Trennung in zwei Gattungen gerechtfertigt erscheint, und folge ich hierin dem Vorgang Sirodot's. — Wir müssen daher auch die Anatomie für jede der beiden Gattungen besonders betrachten.

Sacheria. Die borstenförmigen Fruchtkörper, welche schon dem unbewaffneten Auge durch ihre knotenartigen Anschwellungen in »Internodien« gegliedert erscheinen, sind im Inneren hohl. Die Wandung besteht aus drei Zellschichten, von denen die äusserste von kleinen parenchymatischen Zellen gebildet wird, deren Membran zumal nach Aussen stark verdickt ist, während die anderen Zellschichten viel weniger dicht gelagert sind. Namentlich gewährt die innerste, welche aus grossen kugeligen Zellen besteht, durch deren losen Zusammenhang und grosse

Intercellularräume ein Markähnliches Ansehen. (Taf. I, Fig. 10 u. 11.)

Ich behalte die übereinstimmende Nomenclatur von Wartmann und Sirodot bei und benenne die drei Schichten als »*Merenchym*« oder »Markschicht«, »Rindenschicht« und »Zwischen- oder Mittelschicht.«

Im Inneren des röhrenartigen Fruchtkörpers befindet sich ein ziemlich complizirter Apparat, welcher, wie ich später zeigen werde, der Ernährung dient, und auf dessen verschiedener Construction in der Hauptsache der Unterschied der beiden Genera beruht.

Zunächst verläuft in der Längsaxe des Fruchtkörpers eine Zellreihe, welche von langen, und im Verhältniss zur Länge dünnen, aber starkwandigen Zellen gebildet wird. Dieselben sind meist am oberen Ende angeschwollen, und die Wände, mit welchen sie auf einander ruhen, sind perforirt, bei *Sacheria* sehr undeutlich, bei *Lemanea* hingegen, wie schon Wartmann bemerkt, mit einem deutlichen Porus.

In der Mitte zwischen je zwei Anschwellungen des Fruchtkörpers, also in der Mitte jedes Internodiums und $^1/_4$ bis $^1/_8$ der Zelllänge unterhalb jeder Gliederung steht die »axile Zellreihe« mit der Wandung in Verbindung durch vier im Querschnitt kreuzförmig gestellte Zellen, welche im Längsschnitt in Form eines liegenden T erscheinen. (Taf. I, Fig. 10a.) Von diesen aus verlaufen, der Wandung anliegend, nach oben und unten Reihen ziemlich gestreckter dünner Zellen bis in die Höhe der Knoten, wo sie zwischen den Markzellen verschwinden. — Ich nenne diese »Gliederfäden« Wartmann's, »tubes latereaux ou placentaires« Sirodot's, »Wandständige Zellreihen«.

Ueber die Zahl dieser wandständigen Zellreihen besteht zwischen den Angaben Wartmann's und Sirodot's eine Differenz. — An den »Anheftungsstellen« finden sich naturgemäss überall vier, von diesen aber unterliegen zwei sich diametral gegenüberstehende einer Bifurcation,

und zwar nach Wartmann oberhalb der Anheftungsstelle, während unterhalb derselben eine Bifurcation nicht auftritt. — Nach Sirodot ist es gerade umgekehrt. Es finden sich nach ihm in der oberen Hälfte jedes Internodiums, also oberhalb der Anheftungsstelle (ramification cruciforme) häufig nur 4, unterhalb stets 6 wandständige Zellreihen. — Meine eignen Beobachtungen stimmen mit denen Wartmann's in der Hauptsache überein. Ich fand auf Querschnitten bei verschiedenen *Sacheria*-Arten im unteren Theil der Internodien meist 4, im oberen Theil stets 6 wandständige Zellreihen, wenn der Schnitt nah genug an dem Knoten geführt wurde.

Wie Sirodot zu diesem abweichenden Resultat gekommen sein mag, kann ich nicht angeben; ich würde auch auf die Verification dieser anscheinend geringfügigen Differenz kein so grosses Gewicht legen, wenn diese Verhältnisse für die Erklärung des Zweckes der wandständigen Zellreihen nicht eine gewisse Bedeutung hätten.

Lemanea. Bei der Gattung *Lemanea* ist die Rinde ebenso gebaut, wie bei *Sacheria*, nur sind die Zellen der Markschicht noch lockerer gelagert und dünnwandiger. Die inneren Theile dagegen zeigen grosse Verschiedenheiten. — Die axile Zellreihe besteht aus dickeren Zellen mit weniger stark verdickten Membranen. Die Anheftungszellen, welche wie bei *Sacheria* genau in der Mitte eines Internodiums auftreten (Taf. II, Fig. 21), sind nicht T-förmig, sondern einfach cylindrisch, oder keulenförmig, aus ihnen entspringen dünne Zellfäden (Taf. II, Fig. 22), welche nach oben und unten die axile Zellreihe spiralig umlaufen und mit ihr einen »axilen Strang« bilden. Wartmann nennt diese Zellfäden »Wurzelfäden«, vermuthlich wegen einer gewissen Aehnlichkeit mit den wirklichen Wurzelfäden. Da aber weder in genetischer, noch physiologischer Beziehung ein Zusammenhang zwischen diesen beiden Organen besteht, so bezeichne ich die ersteren mit dem Ausdruck »Umhüllungsfäden«. Die Zahl derselben schwankt

zwischen weiten Grenzen, 2—16, und habe ich weder in der primären Anlage, noch in dem fertigen Zustand irgend eine Gesetzmässigkeit der Zahl constatiren können. Die Länge der sie zusammensetzenden Zellen ist ca. 80 μ.

Die Anheftungszellen, welche mit der Markschicht durch je eine birnförmige Zelle, die »Haftzelle« verbunden sind, stehen in Verbindung mit den zahlreicheren wandständigen Zellreihen, und zwar verlaufen von jeder Anheftungszelle nach unten zwei, nach oben eine, oder zwei Zellreihen, welche indess weiter oben sich in mehrere Arme theilen.

Die Zellen der wandständigen Zellreihen sind weniger gestreckt, als bei *Sacheria*, und haben meist einen ovalen Contour. Sie liegen der Markschicht auch nicht fest auf, wie bei jenen, sondern jede wird von 2—3 birnförmigen Haftzellen getragen. (Taf. II, Fig. 19.)

Ein wesentlicher Unterschied der beiden Genera findet sich in der Lage der Anheftungsstelle. Durch dieselbe wird jede Zelle der axilen Reihe in zwei ungleiche Theile getheilt, deren Längen an dem reifen Fruchtkörper von *Sacheria* sich zu einander verhalten wie 1 : 4 bis 1 : 10, während bei *Lemanea* das Verhältniss zwischen 1 : 20 und 1 : 30 schwankt. — Diese Verhältnisse ändern sich, wie schon angedeutet, mit dem Alter und dem Grade der Entwickelung; je jünger ein Fruchtkörper ist, um so enger ist das Verhältniss. Bei der Darstellung der Entwickelungsgeschichte werde ich auf diese Erscheinung und ihre Ursachen zurückzukommen haben.

Für die fernere Beschreibung kann ich die beiden Typen wieder vereinigen, da wesentliche Abweichungen nur noch wenige zu verzeichnen sind.

Der Hohlraum im Inneren der Fruchtkörper ist im jungen Zustande von einem zähen, stark lichtbrechenden Schleim erfüllt, welcher bei der Reife durch die Sporen verdrängt wird. Bei denjenigen Arten, bei welchen die ganze Länge des Fruchtkörpers von den Sporen erfüllt ist, bildet er einen Wandbelag und von Strecke zu Strecke

eine dünne Wand, welche den Fruchtkörper quer durchläuft, und die Sporenmasse in einzelne Packete theilt. — Es ist dies bei den meisten Arten der Gattung *Sacheria* der Fall. Bei den Species der Gattung *Lemanea* erfüllen die Sporen meist nur die mittlere Zone der Internodien und der Schleim nimmt in Folge dessen den ganzen übrigen Raum ein, ist aber hier in Folge grösseren Wassergehaltes nur wenig lichtbrechend.

Der Schleim ist sehr quellungsfähig und spielt in biologischer Beziehung eine hervorragende Rolle, worauf ich später noch zurückkommen werde.

Der reife Fruchtkörper geht unten in einen dünneren Stiel über, welcher in seinem inneren Bau wesentlich von dem oberen Theil abweicht, aber genau dem junger Fruchtkörper von annähernd gleicher Stärke entspricht.

Die Zellschichten der Wandung sind ausgebildet, dagegen sind die wandständigen Zellreihen wenig, oder gar nicht differenzirt; die Anheftungszellen erscheinen als vorgewölbte Markzellen. (Taf. I, Fig. 11.)

Bei *Lemanea* sind die Umhüllungsfäden im Stiele auf wenige reduzirt. Noch näher an dem Fusspunkt verschwindet der Hohlraum im Inneren ganz, die Markzellen liegen der axilen Zellreihe dicht an, die Zellen dieser selbst werden nach unten zu immer kürzer.

An der untersten Region des Stieles entspringen die eigentlichen Wurzelfäden; und zwar betheiligen sich an ihrer Bildung die Zellen sämmtlicher Schichten, welche hier indess meist nicht mehr genau in die drei typischen Schichten gegliedert werden können.

Die Wurzelfäden bestehen aus fast hyalinen, geraden, oder mannigfaltig gekrümmten Zellen von ca. 80 μ Länge und 14 μ Dicke. Häufig umwinden sie den unteren Theil des Stieles und verzweigen sich vielfach, so dass der Querschnitt das Bild eines Hyphengewebes darbietet.

Erreichen die Wurzelfäden das Substrat, so legen sie sich demselben dicht an, ihre Zellen werden kurz, so dass bei reichlicher Verzweigung eine parenchymatische Zell-

schicht entsteht: das »secundäre Haftgewebe«. Die Randzellen wachsen häufig als typische Wurzelfäden weiter und bringen bei den meisten Lemaneen und einigen Sacherien durch aufrechte Verzweigungen Thallusfäden hervor. — Dadurch, dass die Wurzelfäden vieler Fruchtkörper sich mit einander verflechten und das primäre Haftgewebe nebst den Resten des primären Thallus durchwachsen, entsteht das Polster, welches wir an den meisten *Lemanea*- und *Sacheria*-Rasen finden.

Eine Ausnahme hiervon machen diejenigen Arten, welche auf weichem Substrate, faulem Holz, oder weichem Gestein wachsen. Bei diesen dringen die Wurzelfäden oft tief zwischen die durch Fäulniss gelockerten Fasern des Holzes, oder in die oberste durch das Wasser zersetzte Schicht der Steine ein, ohne ein eigentliches secundäres Haftgewebe zu bilden. Sie tragen dann aber, wie ich namentlich an *Lemanea annulata β* aus dem Gewerbecanal in Freiburg gut beobachten konnte, eigenthümliche seitliche Ausstülpungen und terminale Anschwellungen, welche wohl auch nur als Haftorgane anzusprechen sind. (Taf. II, Fig. 17 a. 18.)

Häufig findet man an den Exemplaren von dem bezeichneten Standort auch Wurzelfäden, welche nach Bildung der knotigen Anschwellungen wieder weiter gewachsen sind, und zeigen sich an den Knoten dann pinselartige Verzweigungen. (Taf. II, Fig. 17 b.)

Ich glaube diese Erscheinung so erklären zu dürfen, dass das Substrat, in welchem die Wurzelfäden mit ihren Anschwellungen hafteten, durch Fäulniss gelockert wurde, und die Fäden dadurch eine Anregung zu erneutem Wachsthum erhielten, denn häufig findet man noch Holzreste an ihnen hängend.

Auch an den Stellen, wo die Wurzelfäden aus dem Fruchtkörper entspringen, bildet sich häufig eine massige, knotige Anschwellung, welche durch Verwachsen mehrerer stark verdickter Wurzelfäden entsteht. (Taf. II, Fig. 17 c.)

Ebenso wie das secundäre, so wird auch das primäre Haftgewebe bei den auf weichem Substrat wachsenden Lemaneaceen reduzirt, und nimmt andere Eigenschaften an. Die Zahl der kurzen Zellen, welche von jedem Keimfaden gebildet werden, wird sehr verringert und manche von diesen wachsen zu Wurzelfäden aus, welche sich in das Substrat einsenken. (Taf, III, Fig. 3a.)

3. Entwickelung des Fruchtkörpers.

Die Entwickelung der Fruchtkörper in ihren ersten Jugendzuständen konnte ich leider nur an verschiedenen Species der Gattung *Sacheria* genauer studiren, von denen mir ausreichendes Material aus dem Harz und Schwarzwald zur Verfügung stand. Für beide Gattungen sind indess die verschiedenen Stadien der Entwickelung von Sirodot mit grosser Sorgfalt beschrieben, so dass ich mich darauf beschränken kann, eine kurze Darstellung dieser Vorgänge zu geben, um dabei nur einige Punkte, welche in der Arbeit Sirodot's nicht völlig aufgeklärt sind, näher zu besprechen.

Wie schon oben erwähnt, besteht die erste Anlage der Fruchtkörper aus einem terminalen oder seitlichen Spross des Thallus, der sich durch seine Dicke und kurzen Zellen vor den rein vegetativen Gliederfäden auszeichnet, und welcher an der Spitze fortwächst, während in seinen älteren Zellen die weiteren Theilungen vor sich gehen.

In jeder Zelle treten zunächst vier excentrische, gebogene Wände auf, welche die Mutterzelle der Länge nach in 5 Zellen theilen, eine mittlere viereckige mit concaven, und vier peripherische mit je zwei convexen Wänden. (Taf. II, Fig. 1 u. 4 a. b. c.)

Nach Sirodot umfasst jede der 4 peripherischen Zellen auf dem Querschnitt $^1/_4$ der Mutterzellwand, nach Wartmann ist dies nur in der Mitte der Fall, während oben und unten zwei gegenüberliegende Zellen zu $^2/_3$, die anderen zwei nur zu $^1/_3$ Antheil an der Mutterzellwand haben.

An *Sacheria* beobachtete ich, dass in der Regel im unteren Theil bis zur Mitte, jeder Zelle ein Viertel der Peripherie zukommt, während im oberen Theil sich zwei gegenüberliegende verbreitern.

Es entspricht dieses Verhalten der Zahl der wandständigen Zellreihen im oberen und unteren Theil der Internodien, deren Zahl, wie wir sahen 6, bezüglich 4 ist.

Wenn wir die weiteren Zelltheilungen auf schematischen Querschnitten darstellen, so erhalten wir für jede der beiden Gattungen je zwei Reihen, von denen die eine die Zelltheilung in der Mitte des Internodium, d. h. an der Anheftungsstelle, die andere die Theilung in den übrigen Theilen (des Internodium) darstellt. Bei *Sacheria* ist dann die Zelltheilung im unteren Theil ganz ähnlich der an der Anheftungsstelle.

Alle Theile des reifen Fruchtkörpers werden centrifugal gebildet. Schon durch die erste beschriebene Theilung ist in der mittleren viereckigen Zelle die axile Zelle des Internodium gebildet, sie rundet sich zu einem Cylinder ab, und erreicht durch Streckung ihre Grösse im reifen Zustand.

Wie ich schon bei Besprechung der Anatomie des reifen Fruchtkörpers erwähnte, liegt die Anheftungsstelle dort nicht in der Mitte der Zelle, und es entsteht die Frage: Ist dies schon in der ersten Anlage der Fall, oder wird diese Erscheinung durch verschiedenes Wachsthum des oberen und unteren Theiles der Zellen bedingt? Mit anderen Worten: entspricht ein Internodium des reifen Fruchtkörpers einer Zelle der primären Fruchtkörperanlage? Leider lässt sich diese Frage nicht durch directe Beobachtung lösen, da man auf dem Längsschnitt durch einen so jungen Fruchtkörper die spätere Anheftungszelle nicht mit Sicherheit erkennen kann. — Genaue vergleichende Messungen des Verhältnisses zwischen dem unteren und oberen Theil der Zellen der axilen Reihe, an Fruchtkörpern verschiedenen Alters führten indess zu dem Resultat, dass dieses Verhältniss um so enger ist, je jünger

der Fruchtkörper, oder je kürzer die Zellen sind. Das engste Verhältniss, welches ich messen konnte, war 1 : 1,8.

Es ist also sehr wahrscheinlich, dass die Anheftungsstelle in der primären Anlage genau in der Mitte der Zellen der axilen Reihe liegt und in Wahrheit jedes Internodium des reifen Fruchtkörpers einer Zelle der primären Anlage entspricht. — In den Arbeiten von Wartmann und Sirodot ist dieses ohne weitere Motivirung vorausgesetzt, ich hielt indess diese Erklärung nicht für überflüssig, da ein anderes Verhalten der Sache durchaus nicht undenkbar ist.

Kehren wir zu den ersten Zelltheilungen zurück und betrachten wir zunächst die weitere Entwickelung an den Anheftungsstellen bei *Sacheria*.

Sirodot nennt die 4 peripherischen Zellen direct: les tubes latereaux, ou placentaires, indess haben wir keine Ursache diese Bezeichnung dafür zu anticipiren, da sich alle Zellen des reifen Fruchtkörpers aus ihnen entwickeln, mit Ausnahme derjenigen der axilen Zellreihe, welche ihnen in genetischer Beziehung gleichwerthig gegenüberstehen.

Taf. II, Fig. 2 veranschaulicht die weitere Zelltheilung: durch zwei Wände werden an der Peripherie je zwei Zellen abgegrenzt. Wir haben demnach jetzt die axile Zelle umgeben von den 4 Anheftungszellen, welche bei *Sacheria* in die wandständigen Zellreihen eingefügt sind, und an der Peripherie 8 primäre Markzellen. Durch weitere Theilung dieser letzteren in je 2—6 Tochterzellen, von denen auf dem Querschnitt nur 2—4 erscheinen können, entstehen die secundären Markzellen und die Mittelschicht, und durch Theilung dieser letzteren in ebenfalls je 2—6 Zellen die äussere Rindenschicht. (Fig. 3.)

Die Streckung der Anheftungszellen erfolgt erst sehr spät; so dass man in jungen Fruchtkörpern, welche schon secundäre Markzellen und Zwischenschicht gebildet haben, oder in dünnen Stielen, welche alle drei Schichten ausgebildet haben, die Anheftungszellen noch in dem Zustand

und der Form auf dem Querschnitt treffen kann, wie sie Fig. 2 darstellt.

In dem unteren Theile der Internodien, in welchem nur 4 wandständige Zellreihen vorhanden sind, ist die Zelltheilung dieselbe, nur sind die 4 Zellen, welche die axile Zelle umgeben, nicht mit dieser verwachsen, sondern ziehen sich bei der Ausdehnung des Umfanges des Fruchtkörpers an die Wandung zurück.

In dem oberen Theile der Internodien, in welchem bei den Sacherien stets 6 wandständige Zellreihen vorhanden sind, ist die Theilung nur wenig modificirt. Die zwei grösseren der 4 peripherischen Zellen theilen sich durch je eine Scheidewand in 2 Zellen, und die dadurch entstandenen 6 Zellen verhalten sich dann ebenso, wie es von den 4 peripherischen Zellen eben beschrieben wurde. Wir haben also in diesem Falle 12 primäre Markzellen. (Taf. II, Fig. 5 u. 6.)

In der That kann man auf jedem Querschnitt durch einen reifen Fruchtkörper die Zahl dieser primären Markzellen, welche durch ihre bedeutende Grösse kenntlich sind, leicht constatiren.

Die Hauptmasse des Plasma wandert während der beschriebenen Zelltheilungen an die Peripherie, mit ihr der rothe Farbstoff, welcher die jungen Fruchtkörper oft schon dem blossen Auge schön roth gefärbt erscheinen lässt. —

Die Entwickelung der *Lemanea* weicht von der der *Sacheria* nur insofern ab, als hier mehr innere Organe gebildet werden; der Modus der Zelltheilung ist derselbe.

Leider habe ich, wie gesagt, die Zelltheilungen an den jüngsten Entwickelungsstadien nicht direct beobachten können; es war indess möglich nach Analogie der Entwickelung der *Sacheria* aus den Bildern, welche Querschnitte durch entwickeltere Fruchtkörper bieten, die Schemata zu construiren, welche den Entwickelungsgang veranschaulichen sollen, da man auch hier die Organe

nach ihrem Alter genau unterscheiden kann, wie z. B. die Zahl der primären Markzellen.

An den Anheftungsstellen sind die Zelltheilungen zunächst dieselben, wie bei *Sacheria*: 4 gebogene excentrische Wände theilen die Mutterzelle in eine axile und 4 peripherische Zellen; von den letzteren wird jede durch je zwei gebogene Wände in drei Zellen zerlegt, eine mittlere, die Anheftungszelle und zwei peripherische, aus denen durch abermalige in gleicher Weise erfolgende Theilung je drei primäre Markzellen hervorgehen. — Die Anheftungszelle grenzt gleichzeitig an ihrer der Peripherie zugekehrten Spitze die nachherige birnförmige Haltezelle ab. (Fig. 10 bis 13.)

Der Unterschied von *Sacheria* besteht in der sehr vermehrten Anzahl der primären Markzellen, welche dort am gleichen Ort acht, hier die Haltezellen mit eingerechnet 28 beträgt.

An den übrigen Theilen des Internodium sind meist acht wandständige Zellreihen vorhanden, deren Bildung eine wesentliche Modificirung verursacht.

Die durch die erste Theilung gebildeten vier peripherischen Zellen zerfallen durch vier radial gestellte Wände in acht Zellen. (Fig. 9.) Jede derselben theilt sich durch zwei excentrische gebogene Wände in drei Zellen, eine mittlere und zwei peripherische. Wir haben hier also acht die Centralzelle umgebende Zellen, die wandständigen Zellreihen, und 16 an der Peripherie liegende, die nachherigen birnförmigen Haftzellen der wandständigen Zellreihen; diese letzteren grenzen an der Peripherie je zwei primäre Markzellen ab, deren Anzahl hier also die Haltezellen mit eingerechnet auf 48 sich erhoben hat. — Aus diesen gehen durch abermalige Theilung die Zellen der mittleren und der Rindenschicht hervor. (Taf. II, Fig. 7 u. 8.)

Mit diesen senkrechten Zelltheilungen gehen natürlich horizontale Hand in Hand, in denen ich aber nicht annähernd eine Regelmässigkeit constatiren konnte, wie es für die senkrechten der Fall war. Nur die ersten Wände

treten constant dicht an der Mitte der vier peripherischen Zellen auf. Wartmann hat mit grosser Sorgfalt nach seinen Beobachtungen an *Lemanea annulata* ? ein Schema ausgearbeitet, mit dem auch die ersten horizontalen Theilungen bei *Sacheria* übereinstimmen. Im übrigen aber scheinen bei den einzelnen Arten grosse Verschiedenheiten in dieser Beziehung zu herrschen. Beispielsweise zeigen die jungen Fruchtkörper von *Lemanea nodosa* ?, welche ich in Strassburg in der Ill sammelte, ganz regelmässige Längsreihen, deren Zellen in der Aufsicht viereckig und von gleicher Grösse sind, und nebeneinander rings um den Fruchtkörper herum auf gleicher Höhe liegen. — Es geht daraus hervor, dass hier die ersten Quertheilungen nur durch einander parallele auf der Längsaxe senkrecht stehende Wände hervorgebracht werden. (Taf. III, Fig. 3.)

Ich halte es für überflüssig, weiter darauf einzugehen, da ja alle wesentlichen Organe senkrecht verlaufen, und die Quertheilungen nur die Zellenzahl dieser Organe vermehren. Indess möchte ich noch auf einige Gesetzmässigkeiten in der Theilung der parenchymatisch gelagerten primären und secundären Markzellen aufmerksam machen, welche sich auch bei der Bildung der Rindenschicht beobachten lassen.

Diese Gesetzmässigkeiten lassen sich in folgende Sätze zusammenfassen:

1. Zur Bildung einer Zelle werden stets durch eine gebogene Wand ein oder zwei Ecken an der Aussenseite, d. h. der der Peripherie des Fruchtkörpers zugekehrten Seite der Mutterzelle abgeschnitten.

2. Grenzt eine Zelle mehrere Tochterzellen ab, so geschieht dies nicht gleichzeitig, sondern die gebogenen Wände treten nach einander auf und lehnen sich in den meisten Fällen an einander an.

3. Sind die Zellen rund, so theilen sie sich in derselben Weise, wie die Zellen der ersten Fruchtkörperanlage, nur mit dem Unterschied, dass die gebogenen Wände

nicht in einer Beziehung einander parallel verlaufen, sondern nach innen divergiren.

Zur Erläuterung des Gesagten mögen die Figuren (Taf. II, Fig. 14—16) dienen; Fig. 14 zeigt eine Reihe primärer Markzellen im Längsschnitt, in deren jeder eine Wand aufgetreten ist. Fig. 16 a. a. a. zeigt eine gleiche Reihe in der Aufsicht. Die übrigen Figuren 15 und 16 sollen die, je nach der Form der Mutterzellen verschiedenen Arten der Theilung veranschaulichen.

4. Ueber secundäres Wachsthum der Mark- und Rindenzellen.

Das Bild, welches ich von der inneren Organisation der beiden Typen zu entwerfen versucht habe, findet sich ungetrübt nur in jüngeren Fruchtkörpern, am besten zur Zeit der Befruchtung. Im reifen Fruchtkörper ist es sowohl durch die Sporenmassen, als durch secundäres Wachsthum der inneren Zellschichten verändert.

Die Sporenmassen drängen häufig den axilen Strang auf die Seite, so dass er der Wandung dicht anliegt.

Häufig bewirken starke Krümmungen und damit zusammenhängendes ungleichmässiges Wachsthum, dass die vier Anheftungszellen nicht in einer Ebene liegen und nicht in gleicher Höhe der axilen Zellreihe inserirt sind.

Diese Erscheinungen treten aber ganz zurück, hinter den Veränderungen, welche durch das secundäre Wachsthum der Markzellen hervorgebracht werden.

In der ganzen Länge der Fruchtkörper findet man Markzellen, welche zu dünnen hyalinen Gliederfäden ausgewachsen sind. Diese ragen theils in den hohlen Innenraum des Fruchtkörpers hinein, theils durchlaufen sie ihn quer, oder in beliebiger Richtung, um mit einer anderen Markzelle zu verwachsen. — Bei *Lemanea* beobachtete ich häufig, dass solche Fäden sich den Umhüllungsfäden anschliessen, und wie diese die axile Zellreihe spiralig

umlaufen, ja dass der grösste Theil jener auf diese Weise gebildet wird.

Andere verwachsen mit den Umhüllungsfäden und gewähren so den Eindruck von rechtwinkeligen Verzweigungen dieser letzteren, für welche Sirodot sie auch ansieht.

Am grössten ist das secundäre Wachsthum der inneren Zellen an verwundeten Stellen und im oberen Ende des Stieles.

Schon Wartmann bemerkt, dass die Fruchtkörper im Stande sind, Verletzungen ihrer Röhre zu schliessen: er beobachtete dies an abgebrochenen Fruchtkörpern. Ich habe noch hinzuzufügen, dass sie auch seitliche im jungen Zustande erhaltene Verletzungen durch Auswachsen aller auf derselben Höhe liegenden Zellen verschliessen, so lange nicht die axile Zellreihe mit verletzt ist.

Regelmässig treten die Wucherungen der Markzellen in dem oberen Theile des Stieles auf.

Bei *Sacheria caespitosa* beobachtete ich an dieser Stelle, dass den eigentlichen Fruchtanlagen in Form und Lage entsprechende Zellen zu kurzzelligen Fäden auswachsen. Ich halte diese Zellen für nicht befruchtete procarpe Zellen.

Die Wandungen der Fruchtkörperspitzen findet man häufig durch innere Zellwucherungen verstärkt, oft auch die ganze Spitze mit solchem hyphenartigen Geflecht erfüllt, wenn die äusserste Spitze abgebrochen war, wie dies bei den meisten reifen Fruchtkörpern der Lemaneaceen der Fall ist.

Unter die secundären Zellwucherungen sind endlich auch die Papillen zu zählen, welche zumeist an den Knoten stehen, und dann durch secundäres Wachsthum der die Antheridien tragenden Rindenzellen entstanden sind; indess sind sie nicht absolut an diesen Punkt gebunden, sondern finden sich auch an anderen Stellen des Internodium durch Wucherungen der Rindenzellen hervorgebracht.

Eine gewöhnliche Erscheinung ist es auch, dass die Zellen der Papillen zu allerdings meist nur kurzen Thallus-

fäden auswachsen. — Diese Erscheinung ist schon öfter beobachtet worden, ohne dass indess der genetische Zusammenhang dieser Fäden mit den Rindenzellen mit voller Bestimmtheit constatirt wurde. Schon Vaucher spricht die Ansicht aus, dass die Rindenzellen zu Fäden auswachsen könnten. Wartmann glaubt einmal einen wirklichen Zusammenhang beobachtet zu haben. Sirodot leugnet die Sache überhaupt und vermuthet, dass die früheren Forscher Rasen von *Chantransia*-Arten für *Lemanea*-Thallus angesehen hätten.

Man findet allerdings Rasen von *Chantransia*-Arten auf den meisten *Lemanea*-Fruchtkörpern aufsitzend, wie überhaupt die Chantransien zu den gemeinsten Algen unserer Gebirgsbäche gehören, aber diese unterscheiden sich doch schon durch ihr ganzes Ansehen, im besonderen durch die geringere Dicke ihrer Zellen so bedeutend von jenen, dass eine Verwechselung nicht gut möglich ist.

Auf die Ausbildung der Papillen scheint das Licht einen grossen Einfluss auszuüben, denn sie sind meist auf der dem Licht zugekehrten Seite stärker entwickelt. Diese Erscheinung tritt besonders an den Exemplaren von *Sacheria fluviatilis* ?, welche ich im Wildguttachthal im Schwarzwald sammelte, deutlich hervor. Die Papillen stehen hier meist nur auf einer Seite längs des Fruchtkörpers, während die Zellen der Antheridienlager auf der unteren dem Licht abgewandten Seite gar nicht zu Papillen ausgewachsen sind.

5. Ueber die Verzweigung der Fruchtkörper.

Den Bemerkungen über das secundäre Wachsthum der Mark- und Rindenzellen möchte ich noch einige Worte über die Verzweigung der Fruchtkörper anschliessen, zumal dieselben zum Theil auch secundärem Wachsthum ihre Entstehung verdanken. Wir haben dabei zu unterscheiden:

a) Echte Verzweigungen.

b) Unechte Verzweigungen.

Die echten Verzweigungen werden schon an den ersten Entwickelungsstadien der Fruchtkörper angelegt, und entstehen dadurch, dass sich eine der peripherischen Zellen am oberen Ende eines Internodium nach Aussen wölbt, und als Scheitelzelle eines neuen Fruchtkörpers fungirt. (Taf. I, Fig. 9 b.) Sie charakterisiren sich streng gegenüber den unechten Verzweigungen dadurch, dass ihre inneren Organe mit denen des Stammes in Verbindung stehen, und zwar fand ich bei einfachen Verzweigungen die axile Zellreihe des Astes derjenigen des Stammes stets an einer Anheftungsstelle inserirt. (Taf. II, Fig. 20.)

Es ist diese Erscheinung ein weiterer Beweis für das ungleiche Wachsthum der beiden Hälften der axilen Zelle, denn ohne dieselbe würde die axile Zellreihe sich nicht bis in den Stamm hinein erstrecken können.

Unter den echten Verzweigungen können wir weiter unterscheiden: 1. monopodiale. Hierher gehören die meisten Verzweigungen der Fruchtkörper sämmtlicher Species.

2. Sympodiale. Dieselben finden sich am häufigsten in den Verzweigungen der Stiele und bei *Sacheria fluviatilis a.*

3. Eine falsche dichotomische Verzweigung kommt dadurch zu Stande, dass zu beiden Seiten der Scheitelzelle eines Fruchtkörpers zwei gegenüberliegende Zellen zu Aesten auswachsen und die eigentliche Spitze vollkommen unterdrücken. (Taf. I, Fig. 9 a.) — Eine eigentliche Dichotomie ist bei den Lemaneaceen überhaupt nicht möglich, und ist auch aus diesem Grunde mit Recht der Name *Lemanea dichotoma* Kg. cassirt worden.

Bei *Lemanea annulata* β im Gewerbecanal bei Freiburg findet sich noch eine eigenthümliche Art der Verzweigung, welche ich als pinselförmige bezeichnen möchte. (Taf. III, Fig. 16.) Sie entsteht dadurch, dass rings um die im Wachsthum zurückgebliebene Spitze ein Kranz von

Zellen zu Aesten auswächst, welche dann wie die Haare eines Pinsels auf dem Stiel stehen; ich zählte bis 19 solcher Aeste. Wartmann, welcher bis 38 beobachtete, sagt über die Art ihrer Entstehung: »Es sprossen an noch lebenskräftigen Fäden, deren Spitze abgebrochen ist, an der verletzten Stelle neue Fäden hervor.« Nach meinen Beobachtungen kommt diese Verzweigung auch an unverletzten Fruchtkörpern vor und bildet sich auf die oben beschriebene Weise.

Bei dieser Art der Verzweigung ist indess die Verbindung der inneren Organe keine so enge mehr, wie es bei den einfachen Verzweigungen der Fall war. Auch communiziren die inneren Hohlräume nicht mehr mit denen des Mutterstammes, sondern jeder Ast bildet mehr oder weniger einen Stiel aus. Dazu kommt noch die schon oben erwähnte Erscheinung, dass die Markzellen in der Spitze der reifen Fruchtkörper zu einem dichten, das Innere ganz erfüllenden Geflecht von Fäden auswachsen, in welchem der Verlauf der axilen Zellreihen undeutlich wird, und kaum erkennbar ist.

Häufig finden sich zwischen den Aesten auch Thallusfäden, welche, wie ich auch hier mit Sicherheit constatiren konnte, aus Rindenzellen hervorsprossen, ich sah aber niemals junge Fruchtkörper auf ihnen entstehen. Sie treten nur zufällig auf, und jene Verzweigung steht mit ihnen in keinem ursächlichen Zusammenhang, wie es bei den unechten Verzweigungen der Fall ist. Diese kommen dadurch zu Stande, dass junge Fruchtkörper auf den alten erwachsen, entweder durch Keimung der Sporen im Innern der Mutterpflanze, oder aus den Thallusfäden, welche aus den Rindenzellen durch Sprossung hervorgehen.

Der erste Fall ist sehr häufig, und findet sich wohl an allen Species im Spätherbst und Winter.

Den zweiten fand ich bis jetzt nur auf zwei Arten, auf *Sacheria caespitosa* aus Sardinien und auf *Sacheria rubra* aus dem Inselwasser im Druselthal im Thüringer-Wald. Bei der ersteren bilden diese unechten Verzwei-

gungen dichte Rasen von jungen Fruchtkörpern auf den alten (Taf. I, Fig. 1 a), und habe ich diese Species einestheils wegen dieser Erscheinung, anderentheils wegen der gleichmässig dichten, runden Rasen, welche ihre Fruchtkörper bilden, mit dem Namen *caespitosa* belegt.

Ich konnte an dem Material, welches mir von dieser Art zur Verfügung stand, sowohl die einzelnen Stadien eines solchen fruchtkörperständigen Rasen genau verfolgen, als namentlich mit Sicherheit constatiren, dass nicht im Innern gekeimte, oder aussen anhaftende Sporen die neue Vegetation erzeugten.

Der Entwickelungsgang ist folgender: Aus den äussersten Zellen junger, im Wachsthum zurückbleibender Fruchtkörper, meist den secundären Mark- und Mittelschichtzellen, sprossen zahlreiche Thallus- und Wurzelfäden hervor (Taf. I, Fig. 8), die letzteren umwinden den Stamm und verzweigen sich zu neuen Wurzelfäden und zu Thallusfäden. Auf diesen sowohl, als auf den direct gebildeten, erwachsen junge Fruchtkörper, welche mit ihren zahlreichen Wurzelfäden sich fest an den Mutterstamm anheften. — Da fortwährend neuer Thallus gebildet wird, so findet man natürlich auch Fruchtkörper jeden Alters und oft in sehr grosser Anzahl in einem solchen Rasen vereinigt. — Während dieses Wachsthums bildet der Stamm die drei Schichten seiner Rinde fertig aus, von denen dann die äussere Rindenschicht sich ebenso an der Bildung von Thallus- und Wurzelfäden betheiligt. — Bei *Sacheria caespitosa* ist der Thallus sehr robust und widerstandsfähig; man findet ihn in Folge dessen noch intact an ziemlich weit entwickelten solchen falschen Verzweigungen, bei *Sacheria rubra* indess ist dies nicht der Fall. — An den Exemplaren, welche ich besitze, fanden sich nur wenige solche Verzweigungen, die aber durch ihr junges Alter und durch ihre Stellung sich deutlich als auf dieselbe Weise entstanden charakterisiren, obwohl der Thallus bis auf wenige Reste von Wurzelfäden verschwunden ist. — Sie gleichen fast einfachen Verzweigungen, ihre Hohl-

räume und inneren Organe communiciren aber nicht mit denen der Mutteraxe, sie sind derselben nur äusserlich aufgeheftet.

6. Ueber die Fructificationsorgane und Sirodot's Theorie der »tubes placentaires«.

Das Verdienst, zuerst die Geschlechtsorgane und die Art und Weise der Befruchtung mit Sicherheit nachgewiesen zu haben, hat sich Sirodot erworben. — Ich will zunächst die Resultate seiner Beobachtungen hier kurz anführen, obwohl die meinigen in einigen wesentlichen Punkten differiren, um dann einige Bemerkungen über die Bedeutung der wandständigen Zellreihen und Sirodot's Theorie der »tubes placentaires« hinzufügen zu können.

Die Antheridien sind ziemlich langgestreckte Zellen, welche dicht gedrängt, wie die Zellen der Bienenwaben, in Kreise, unregelmässige Flecke, oder ein Band geordnet an der Aussenseite der Knoten der Fruchtkörper stehen. (Taf. III, Fig. 4—12.) — Sie werden von Zellen abgegrenzt, welche ganz denen der Rindenschicht gleichen, selbst aber direct von den Markzellen gebildet werden, also eigentlich der Mittelschicht entsprechen.

Zur Zeit der Befruchtung öffnen sich die Antheridienzellen, und der Inhalt gleitet zu einer Kugel abgerundet in dem Schleim, welcher die Aussenseite der Lemaneaceenfruchtkörper umgiebt, zu dem weiblichen Empfängnissapparat der Trichogyne hin. An dieser bleiben die Spermatien hängen und üben ihre befruchtende Kraft aus. In welcher Weise die Befruchtung selbst vor sich geht, bleibt einer späteren Untersuchung noch vorbehalten.

Die weiblichen Fortpflanzungsorgane beschreibt Sirodot folgendermassen: »An der Aussenseite der wandständigen Zellreihen und ausnahmsweise auf den Zellen, welche dieselben mit der Wand verbinden, sind sehr kurze Aeste befestigt, welche sich direct in die Wandung des

Fruchtkörpers einsenken, und sie mit einer besonderen fast transparenten Zelle, der Trychogyne durchbrechen«.

Sirodot nennt diese kurzen Aeste: rameaux gynégènes. Sie bestehen aus 4 bis 5 kurzen Zellen, deren äusserste sich zur Trychogyne verlängert, und sprossen aus den Zellen der wandständigen Reihen, oder einer Markzelle hervor; man erkennt sie leicht an ihrem flockigen Inhalt.

Durch die Befruchtung wird die Zelle, welche der Trichogyne zunächst liegt, zum Wachsthum angeregt; sie erzeugt durch Sprossung gewöhnlich vier cylindrische Zellen, die Mutterzellen der Sporenketten. Die Sporen werden indess nicht direct fertig gebildet von der Mutterzelle abgegrenzt, sondern sie bringen selbst wieder durch Sprossung neue Sporenreihen hervor. Die Sporenketten selbst sind ebenso wie die Carposporen anderer Florideen mit einer hyalinen schleimigen Hülle umgeben, welche bei der Entleerung der Sporen theils zurückbleibt, theils mitfortgerissen wird.

Mit dieser Darstellung stimmen meine Beobachtungen nicht überein.

Zunächst lieferten die zahlreichen Längsschnitte durch reife Sporenhaufen bei verschiedenen Arten ein, sowohl unter sich, als von den Zeichnungen Sirodot's abweichendes Bild.

Bei *Sacheria caespitosa* besteht der weibliche Organismus aus vier Zellen, welche im reifen Zustande der Mark- und Mittelschicht des Fruchtkörpers gleichmässig eingelagert sind und zwar meist zwischen zwei, immer aber neben einer primären Markzelle. (Taf. I, Fig. 10 a.) Sie entsprechen einem vierzelligen Procarp, dessen zwei oder drei inneren carpogonen Zellen zu längeren oder kürzeren, meist verzweigten Fäden auswachsen, welche an ihrer Spitze die Sporen abschnüren, die dann durch selbstständige Theilung die Verzweigungen der Sporenketten hervorbringen.

Bei *Sacheria rubra* sind die eigentlichen placentalen Fäden, welche den carpogonen Zellen entspringen, nicht einfach verzweigt, sondern ihre Verzweigungen sind articulirt. (Taf. III, Fig. 14.) — Die eine carpogone Zelle a ist in vier Zellen zerfallen, welche aber noch die Form der Mutterzelle bewahren. Sie tragen zwei cylindrische Zellen, welchen wieder cylindrische Zellen in grösserer Anzahl aufgesetzt sind. Diese letzteren bringen entweder direct Sporen hervor, oder sie tragen wieder 2—3 cylindrische Zellen, welche dann ihrerseits die Sporen abschnüren.

Die Bildung des Procarp zumal bei *Sacheria caespitosa* würde sich an die der Nemalieen und Ceramiaceen auf das Engste anschliessen, in gewisser Beziehung auch der Cryptonemiaceen, welchen manche Systematiker die Gattung *Lemanea* Bory einreihen.

Einen Zusammenhang des Procarp mit den wandständigen Zellreihen konnte ich bei *Sacheria* nicht beobachten, dagegen findet man bei den Arten der Gattung *Lemanea* häufig, dass sich eine oder mehrere Sporenmutterzellen, oder die innerste Zelle des Procarp der darüber liegenden Zelle der wandständigen Reihe fest angelegt hat, so dass es den Anschein hat, als sei das Procarp aus jener erwachsen.

Auch ganz junge Cystocarpanlagen bei *Lemanea nodosa β*, deren Trychogyne noch erhalten war, zeigten eine Ausbildung des Procarp, welche auf die Entstehung aus einer Tochterzelle der primären Markzellen schliessen lässt.

Ich muss die Lösung dieser Frage einer späteren Arbeit überlassen, da sie bei der Verschiedenheit im Bau der Cystocarpien ein Studium aller Arten erheischt, und zwar an Exemplaren, deren Procarp sich in den ersten Stadien der Entwickelung befindet.

Leider stehen der Gewinnung geeigneten Materiales in der Wassermenge und Gewalt der Gebirgsbäche im Monat December fast unüberwindliche Hindernisse entgegen.

Der genetische Zusammenhang zwischen dem Procarp und den wandständigen Zellreihen scheint mir auch aus mehreren anderen Gründen zweifelhaft.

Erstens finden wir bei den übrigen Florideen nirgends eine Analogie dafür, dass Organe, welche später durch secundäres Wachsthum das Procarp hervorbringen sollen, von Anfang an angelegt würden, sondern dasselbe geht meist aus Zellen hervor, welche den vegetativen Zellen gleich gestaltet sind.

Zweitens finden wir an den Zellen der wandständigen Reihen die Fähigkeit zu einem secundären Wachsthum nirgends bethätigt. Während die Mark- und Rindenzellen ihre Wachsthumsfähigkeit durch weitere Zelltheilungen und durch Auswachsen zu Umhüllungsfäden, zu Thallus- oder Wurzelfäden bekunden, hört bei jenen auch die Fähigkeit, ihre Zahl durch weitere Theilungen zu vermehren, mit dem Augenblicke auf, wo sie ihre Haftzellen, bezüglich primären Markzellen abgegrenzt haben. Sie folgen dem Längenwachsthum des ganzen Fruchtkörpers nur durch Streckung, wie es bei der axilen Zellreihe von Anfang an der Fall ist.

Wenn ich somit die Theorie von der placentalen Function der wandständigen Zellreihen nicht anerkenne, bleibt mir noch die Aufgabe, eine befriedigende Antwort auf die Frage nach der wirklichen Function dieser Zellen zu geben.

Diese Frage, welche sich schon bei der Besprechung der Anatomie des reifen Fruchtkörpers aufdrängte, gewinnt in diesem Abschnitt über die reproductiven Organe noch um so mehr an Bedeutung, als wir eine gewisse Beziehung der wandständigen Zellreihen zu den Cystocarpien durchaus nicht in Abrede stellen können.

Wie schon erwähnt, und wie schon Wartmann und Sirodot beobachteten, stehen die Sporenhaufen immer unter den Zellen jener Reihen, oder vielmehr zwischen den Markzellen, welche jenen zur Auflage dienen.

Es ist das durchaus erklärlich, wenn man bedenkt, dass die Entstehung des Procarp mit der Bildung der secundären Markzellen und der Mittelschicht zusammenfällt, dass sie also aus einer Tochterzelle der primären Markzellen hervorgehen müssen, und dass die Trichogyne, wie Sirodot beobachtete, während der Bildung der Rindenschicht sich streckt und diese durchsetzt.

Die wandständigen Zellreihen liegen den primären Markzellen auf, müssen mithin über, oder in unmittelbarer Nähe der Sporenanlagen verlaufen.

Wie ich schon oben andeutete, halte ich es für das Wahrscheinlichste, dass die gesammten inneren Organe dem Transport der Assimilationsproducte, vielleicht auch der durch die Wurzeln aufgenommenen Substanzen dienen.

Für diese Ansicht sprechen verschiedene Thatsachen, welche ich nur kurz aufzählen will:

1. Die Perforation der Scheidewände zwischen den einzelnen Zellen der axilen Reihe, und die enge Verbindung dieser letzteren mit den Wurzelfäden.

2. Die gleichmässige Vertheilung und Ausbildung der wandständigen Zellreihen auch an den Stellen, an welchen keine Cystocarpien gebildet werden, wie z. B. in den Knoten von *Lemanea nodosa*.

3. Der hohe Plasmagehalt, sowohl in der axilen, wie in den wandständigen Zellreihen.

4. An reifen Fruchtkörpern, der Plasmagehalt derjenigen primären Markzellen, welche mit den Zellen der wandständigen Zellreihen verwachsen sind, und neben, resp. zwischen denen die Cystocarpien entstehen, während die übrigen Markzellen hyalin erscheinen.

5. Die Nothwendigkeit der Zufuhr von Baustoffen zu den Sporenmutterzellen.

Bevor ich diesen Gegenstand verlasse, möchte ich noch einige Bemerkungen über die Ausdrücke »Thallus« und »Fruchtkörper« hinzufügen, und zwar deshalb, weil sie in dieser Arbeit nicht in dem gewöhnlichen Sinne gebraucht

sind. — Während man im Allgemeinen bei den Algen unter »Thallus« die Gesammtheit der vegetativen assimilirenden Zellen versteht, im Gegensatz zu den lediglich der sexuellen Fortpflanzung dienenden, dem »Fruchtkörper«, habe ich den ersteren Ausdruck in engerem, den letzteren in weiterem Sinne gebraucht. — Streng genommen haben wir es bei den Lemaneaceen mit zwei Formen des Thallus zu thun, einer aus einfachen Zellreihen bestehenden, und einer zweiten, hoch entwickelten Körperform, welche in Bezug auf die Ernährung von einander unabhängig sind, welche durch Sprossung eine die andere hervorbringen, von denen aber nur die eine die sexuellen Fortpflanzungsorgane trägt.

Die weitgehendsten Analogien für dieses Verhalten finden wir bei den Moosen, deren vegetative Organe sich aus dem *Protonema* und der eigentlichen Moospflanze zusammensetzen, von denen das erstere aus der Spore erwächst, die letztere allein die Fortpflanzungsorgane trägt. — Ebenso wie bei den Lemaneaceen bringt auch hier die eine Form die andere durch Sprossung hervor. — Auch die Wurzelhaare der Moose sprossen am Licht zu *Protonema*-Fäden aus, auf welchen wieder neue Brutknospen entstehen —, und endlich können auch die Zellen der Blätter und des Stengels der Moospflanzen, ja selbst die Stielzellen der Moosfrüchte zu *Protonema*-Fäden auswachsen, ebenso wie wir bei den Lemaneaceen sahen, dass die Wurzelfäden neue Thallusfäden hervorbringen, und dass beliebige Zellen des Fruchtkörpers zu Thallusfäden auswachsen.

Auf diese Analogien fussend, hat man den Thallus der Lemaneaceen wohl auch als *Protonema* bezeichnet, gegenüber der eigentlichen *Lemanea*-Pflanze.

Ich habe mich indessen der Nomenclatur Sirodot's angeschlossen, einestheils um die Ausdrücke für diese Verhältnisse nicht noch mehr zu compliziren, anderentheils, weil die Cystocarpien —, die Früchte —, absolut an das

Vorhandensein jener Körperform des Thallus gebunden sind, die man also füglich mit dem Namen »Fruchtkörper« im weiteren Sinne bezeichnen kann.

7. Ueber Verbreitung und Verbreitungseinrichtungen.

Die Arten der Gattungen *Lemanea* und *Sacheria* finden sich in den meisten Gebirgsbächen, vorzüglich in solchen, welche ihr Bett in Gesteine der archäischen Formationen, in Glimmerschiefer und Gneiss, oder in plutonische Gesteine, Granit, Porphyr u. s. w. eingeschnitten haben; ferner in Mühlencanälen am Holz, zumal da, wo das Wasser auf die Mühlenräder stürzt, an Ueberläufen solcher Canäle, wo das überschüssige Wasser meist als Wasserfall sein altes Bett wieder aufsucht; in grösseren, langsamer fliessenden Flüssen nur an Wehren.

Die Hauptbedingung für ihr Gedeihen ist frisches, kaltes, und vor allem ganz klares Wasser, in welchem viel Luft aufgelöst ist.

In trübem Wasser finden sie sich nie, wenn auch alle übrigen Lebensbedingungen erfüllt sind. Sie verschwinden sogar, wenn das Wasser durch Fabriken oder andere Einflüsse getrübt wird. So sind aus dem Bett der Oker im Harz, in welchem Kützing seine *Lemanea fluviatilis* fand, die Pflanzen vollständig verschwunden, seitdem die Erzwäschen von Schulenberg das Wasser verunreinigen. Nur in den seitlichen, oft ganz kleinen Zuflüssen der Oker, in welchen sie bis zu ziemlicher Höhe aufwärts gestiegen waren, finden sie sich heute noch in schönen Exemplaren.

Aus derselben Ursache glaube ich auch die Beobachtung erklären zu dürfen, dass in den Bächen des rothliegenden Gebirges Lemaneaceen nicht wachsen.

Bei der bröckligen, leicht verwitterbaren Natur dieses Gesteines, ist das Wasser, zumal wenn es durch Regengüsse angeschwollen ist, immer trüb.

In der Wahl des engeren Standortes verhalten sich die einzelnen Arten verschieden.

Von den von Sirodot beschriebenen Arten wachsen alle der Gattung *Lemanea* angehörenden auf Holz, alle Sacherien auf Stein. Diese Beobachtung lässt sich indess nicht verallgemeinern, denn von den mir bekannten Arten der Lemaneen wachsen *Lemanea nodosa* Kg. *α* auf Steinen in der Bode an dem von Kützing angeführten Standort unter der Rosstrappe, *β* auf Steinen an einem Wehr der Ill, *Lemanea annulata α* auf Steinen in der Dreisam bei Freiburg. Ebenso sammelte ich auch Exemplare von *Sacheria fluviatilis δ* auf Holz in einem Mühlencanal im Ilsethal im Harz.

Auch die Tiefe des Wassers, in welchem sie wachsen, ist verschieden. Manche wie *Lemanea nodosa* Kg. *α* und *Sacheria fluviatilis α* und *γ* wachsen in weniger stark bewegtem Wasser nahe der Oberfläche; häufig werden sie auch nur von einem Wasserfall bespritzt; andere finden sich in ganz schwachen Wasserläufen, aus denen die Fruchtkörper zur Hälfte herausragen, wie *Sacheria caespitosa* von der Insel Sardinien, deren Standort den ganzen Sommer hindurch, d. h. vom Mai bis October vollständig trocken ist.

Wieder andere wie *Sacheria fluviatilis β* und *δ* suchen die heftigsten Strudel auf, und wachsen bis 1 m tief unter der Oberfläche.

Meist sind es freie unbeschattete Stellen des Bach- oder Flusslaufes, welche die Lemaneaceen gern zum Wohnort auswählen, allein auch diese Beobachtung lässt sich nicht verallgemeinern, denn sowohl *Lemanea annulata β*, als *Sacheria fluviatilis δ* fand ich stets an sehr beschatteten Orten.

Auch in Betreff der Meereshöhe der Standorte sind den Lemaneaceen keine Grenzen gezogen. Wartmann erwähnt eine *Sacheria* vom Feldberg im Schwarzwald, deren Standorte in einer Meereshöhe von 1200—1500 m sich befinden. Andererseits ist der Originalstandort der

Lemanea annulata Kg. in der Saale bei Halle. Die Standorte der verschiedenen Arten und Formen im Harz liegen zwischen 300 und 500 m Meereshöhe.

Man sieht aus diesen Bemerkungen zugleich, dass auch in Betreff der Grösse der Gewässer sich keine Regel aufstellen lässt. Die Lemaneaceen finden sich vielmehr in Gewässern jeder Stärke, wenn nur ihre Lebensbedingungen erfüllt sind, d. h. klares, rasch fliessendes, mit Luft gemengtes Wasser vorhanden ist.

Indess machte ich an den Gebirgsbächen des Harzes, des Thüringerwaldes und des Schwarzwaldes die übereinstimmende Beobachtung, dass immer der mittlere Theil des Oberlaufes die reichste Vegetation der Sacherien barg; jedenfalls aus dem Grunde, weil hier das Wasser am wenigsten getrübt und noch nicht so reissend ist, dass es die Steine, auf welchen sich Sacherien angesiedelt haben, mit sich fortrisse. Ich muss noch hinzufügen, dass ich nie Exemplare auf solchen Steinen fand, welche vom Wasser bewegt werden konnten; daher auch die grosse Schwierigkeit, in nur einigermassen angeschwollenen Bächen diese Algen zu sammeln.

Ein weiterer, sehr interessanter Gesichtspunkt, der indess in keiner der früheren Arbeiten berücksichtigt wurde, ist die Art und Weise der Verbreitung der Sporen.

Bei vielen Arten reissen die reifen Fruchtkörper an einem Punkte des äusserst dünnen Stieles ab, so dass man im Spätherbst nur Büschel der stehengebliebenen Stielstücke findet, bei anderen, wie *Lemanea nodosa* Kg. und *annulata α* sind es die Knoten, an denen die Fruchtkörper mit Vorliebe abbrechen; es ist dieses verschiedene Verhalten in dem verschiedenen Bau begründet. Bei *Lem. nodosa* ist der Stiel ziemlich dick und fest, während die hohlen aus lockerem Gewebe bestehenden Knoten der steifen Fruchtkörper viel weniger der Gewalt des Wassers Widerstand zu leisten vermögen.

Die Sporen an sich werden indess erst dann frei, wenn die Rinde der Fruchtkörper durch Verwesung zerstört ist.

Bei noch anderen, wie *Sacheria caespitosa* und *Lem. annulata β*, erfolgt die Zerstörung der Rinde in der Hauptsache am Standorte selbst. Man findet dann im Herbst und Winter Fruchtkörper aus deren zerstörten Wandungen die Keimfäden darin gebliebener Sporen herausragen.

Eine hervorragende Rolle bei dem Ausstreuen der Sporen spielt der Schleim (*substance muqueuse* Sirodot's), welcher die innere Wandung der Fruchtkörper auskleidet, und, wie ich schon oben bemerkte, äusserst quellungsfähig ist. Man kann sich von dieser Thätigkeit leicht durch das Experiment überzeugen. Bringt man einen unverletzten Fruchtkörper in reines Wasser und verletzt ihn durch einen Stich mit einer feinen Nadel, so sieht man schon mit dem blossen Auge aus der Oeffnung oft Minuten lang die Sporen heraustreten, und zwar werden dieselben mit solcher Gewalt herausgepresst, dass sie einige Millimeter weit weggeschleudert werden.

Solche Verletzungen können in der Natur durch scharfkantige Sandkörner hervorgebracht werden, in den meisten Fällen aber sind es Insecten, welche sie verursachen.

Die auf die angegebenen Weisen freigewordenen Sporen werden vom Wasser mit fortgerissen, um weiter unten an irgend einem Punkte vermöge des ihnen anhaftenden Schleimes hängen zu bleiben und eine neue Vegetation hervorzubringen.

Zuweilen findet man solche vom Wasser fortgetragenen Sporen auch in dem Sande, den das Wasser in Folge der durch einen hohlen Stein hervorgebrachten rückläufigen Bewegung absetzt; und findet dort die Lemaneaceen ganz gegen ihre sonstige Gewohnheit im Sande wachsend, allerdings nur in verkümmerten Exemplaren.

Ich konnte diese Erscheinung im Ilsethal im Harz an mehreren Punkten beobachten.

Am Standort selbst wird die Vegetation durch zurückgebliebene Sporen erneuert; wie aber ist die Thatsache

zu erklären, dass die Lemaneaceen auch dem Wasser entgegen, Strom aufwärts wandern?

Dass dies wirklich der Fall ist, beweist das Vorkommen in den kleinen Zuflüssen der grösseren Lemaneaceen führenden Gebirgsbäche.

Wir müssen zur Erklärung dieser Erscheinung die Thätigkeit der Insecten, resp. der Fische in Anspruch nehmen; und in der That fand ich im Darminhalt der Larven verschiedener Wasserfliegen, von denen namentlich eine Form constant an den Lemaneaceen vorkommt, viele unverletzte Sporen vor.

Es ist sehr wahrscheinlich, dass diese Sporen, auch wenn sie nicht von den Insecten selbst, sondern erst von Forellen oder anderen Insecten fressenden Thieren Strom aufwärts getragen und entleert wurden, durch ihre dicke Membran geschützt, ihre Keimkraft bewahren.

8. Systematischer Theil.

Bevor ich zu der Beschreibung der Species selbst übergehe, dürfte es angemessen sein, einige Worte über die Einflüsse, welche auf das Wachsthum, und somit auf die Form der Lemaneaceen verändernd einwirken, vorauszuschicken.

Die Stärke des Wasserstromes übt nur indirect einen Einfluss auf das Wachsthum aus, insofern sehr schnell fliessendes Wasser in der Regel mehr Luft gelöst enthält und in Folge dessen der Vegetation günstiger ist.

An der Länge der Fruchtkörper sowohl, als auch der Internodien lässt sich eine directe streckende Wirkung der Kraft des Wassers, wie sie von Einigen angenommen wird, nicht nachweisen.

Die Tiefe des Standortes im Wasser, deren Grenzen ich schon oben besprochen habe, übt auf die Gestaltung und Intensität des Wachsthums ebenfalls keinen Einfluss aus, so lange die Geschwindigkeit des Wassers die gleiche ist, und die Pflanzen gleichmässig vom Wasser bedeckt sind.

Das Licht verursacht ohne Zweifel die grössten Veränderungen in der Gestalt der Fruchtkörper.

Sirodot führt für *Lemanea catenata* p. 79 seiner Arbeit an, dass die sonst robusten Fruchtkörper dieser Art, wenn sie sich im Schatten, z. B. unter Brücken entwickeln, dünn und haarförmig werden; ich kann dasselbe für *Sacheria fluviatilis α* aus dem Okerthal anführen, bei welcher dichter Waldesschatten schon genügte, die Varietät *subtilis* hervorzubringen.

Wenn auch directe Besonnung in allen Fällen kräftige Exemplare erzeugt, welche sich namentlich durch die Dicke der Fruchtkörper auszeichnen, so bringt doch nicht bei allen Arten die einfache Beschattung eine Vegetation hervor, welche man auf den ersten Blick als eine kränkliche, in unnatürlichen Verhältnissen erwachsene erkennt. Mit anderen Worten: es giebt Formen, welche sich ihrem schattigen Standort vollständig adaptirt haben, deren gesunde Fruchtkörper in der Form, in der Bildung der Knoten etc. anderen am Lichte wachsenden gleichen und sich nur durch geringere Dicke von ihnen unterscheiden. So *Sacheria fluviatilis δ* in der Ilse im Harz, *Lemanea annulata β* im Gewerbecanal zu Freiburg.

Aus dem Gesagten geht hervor, dass die Formen der Lemaneaceen äusserst mannigfaltig sein müssen, und dass es äusserst schwierig ist, die einzelnen Species genau zu charakterisiren und zu begrenzen.

Kützing, Rabenhorst und andere ältere Systematiker, welche ihre Species nur nach den Eigenthümlichkeiten der Fruchtkörper definiren, benutzen dazu in der Hauptsache die Zahl und Form der Papillen. Bei der Beschreibung legen sie grossen Werth auf die Länge und Dicke, auf die Verzweigung und auf die Art des Vorkommens, ob in dichten Rasen etc. — Wenig Beachtung schenken sie der Form der Knoten und der Farbe.

Nach den vorausgeschickten Bemerkungen — auf den Einfluss des Lichtes auf die Gestaltung der Papillen habe ich oben schon aufmerksam gemacht — ist leicht einzusehen, dass auf diese Weise kein sicherer Boden für die

klare Definition der Species gewonnen werden kann. Sirodot zieht deshalb andere Merkmale für die Classification heran, und zwar:

1. Die Art der Insertion des Fruchtkörpers auf dem Stiele: ob allmälig übergehend, oder scharf abgesetzt.
2. Die Farbe in frischem und trocknem Zustand.
3. Die Art der Verzweigung des Thallus.
4. Die Zahl und Form der Antheridienlager.
5. Die Gestalt der Knoten.
6. Die Höhe, in welcher die Fruchtkörper auf dem Thallus entstehen.

Indess geben auch diese Merkmale keinen ganz sicheren Anhalt für die Bestimmung, auch sie variiren theilweise innerhalb einer Species.

Beispielsweise ist die *Lemanea nodosa* Kg. vom Originalstandort aus der Bode hellgrün, trocken olivengrün, und wächst auf harten Steinen, ihre Haftorgane sind demgemäss ausgebildet; die Exemplare von Sirodot's Standorte sind dunkel violett, trocken schwarz; sie wachsen auf Holz; ihr Thallus ist bis 4 mm hoch reich verzweigt.

Die Exemplare, welche ich in der Ill in Strassburg sammelte, sind dunkel olivengrün, trocken schwarz, ihr Thallus ist ca. 2 mm hoch, wenig verzweigt, sie wachsen auf Ziegelsteinen, und ihre Haftorgane sind daher theils normale »Haftgewebe«, theils nur Wurzelfäden, je nachdem sie sich gerade auf einer harten oder weichen Stelle des Substrates angesiedelt haben.

Die Variationsfähigkeit geht so weit, dass man kaum an zwei weiter von einander entfernten Standorten derselben Species zwei Exemplare finden wird, welche sich genau gleichen; selbst unter den Exemplaren, welche in ein und demselben Gebirgsbach an verschiedenen Höhen gesammelt wurden, finden sich augenfällige Veränderungen in Form und Farbe; ja selbst an demselben Standort kann man in verschiedenen Jahren andere Formen finden.

Wie weit auch die Farbe an demselben Standort mit der Zeit wechseln kann, bleibt noch zu untersuchen. Die

Exemplare von *Lemanea annulata β*, welche ich im Gewerbecanal zu Freiburg sammelte, sind dunkel violett gefärbt, während Wartmann sie als olivengrün beschreibt.

Von den angeführten Merkmalen ist am wenigsten der Veränderung unterworfen die Form der Knoten oder vielmehr der Internodien, da dieselbe davon abhängt, in welcher Zone des Internodium das Wachsthum am längsten anhält, nachdem die axile Zellreihe zu wachsen aufgehört hat, und somit die Länge jedes Internodium fixirt ist.

Im Allgemeinen ist dieses an den Knoten der Fall, und werden eben dadurch die Knoten selbst gebildet. Ist die Zone breit, so werden die Knoten eine abgerundete Form annehmen, ist sie schmal, mehr oder weniger scharfkantig werden. (Taf. III, Fig. 9—12.)

Sind die Anheftungszellen wenig streckungsfähig, so wird die mittlere Zone der Internodien dünn bleiben, im umgekehrten Falle wird sie dicker sein, so dass das Internodium bis cylindrische Gestalt annimmt, ja selbst in der Mitte anschwillt.

Theilweise wird diese letztere Erscheinung wohl durch das Wachsthum der Sporen verursacht, welche den ganzen inneren Hohlraum erfüllen und die Wandungen nach Aussen drängen. (Taf. III, Fig. 8.)

Die Vertheilung der Sporenmassen auf den inneren Hohlraum ist für die Unterscheidung der Species nicht verwerthbar, wohl aber für die Charakterisirung der beiden Genera. Bei *Lemanea* erfüllen die Sporen nur eine breitere oder schmälere Zone in der Mitte jedes Internodium, während bei *Sacheria* durchgängig die Sporen auf den ganzen Hohlraum vertheilt sind.

Da diese Erscheinung durch die Stellung der Cystocarpien verursacht wird, so ist sie als ein wesentliches Charakteristicum der Genera zu betrachten.

Im Folgenden versuche ich in Anlehnung an die gegebene Nomenclatur einige Typen aufzustellen, um welche sich die mir bekannten Formen gruppiren. Ich vermeide dabei, den nicht scharf begrenzten Formen neue Namen

zu geben, sondern bezeichne sie einfach mit den Buchstaben des griechischen Alphabets.

Die *forma incurvata*, welche Sirodot und andere von einzelnen Species anführen, ist eine allgemeine Erscheinung. Sie findet sich bei allen Lemaneaceen mit dickerem Fruchtkörper und resultirt aus dem Entgegenwirken der Wasserkraft und der richtenden Kraft des Lichtes. Sie ist in Folge dessen am charakteristischsten ausgebildet in langsamer fliessendem Wasser.

Ich führe aus diesem Grunde diese Form nicht besonders bei den einzelnen Species an.

Lemanea. Axile Zellreihe von zwei bis vielen Umhüllungsfäden spiralig umlaufen; Anheftungsstelle wenig unterhalb jeder Gliederung der axilen Zellreihe; Anheftungszellen cylindrisch bis keulenförmig, mit der Wandung durch je eine birnförmige Haftzelle in Verbindung stehend. Wandständige Zellreihen 8—12, jede ihrer Zellen durch je zwei birnförmige Haftzellen gehalten.

Cystocarpien in der mittleren Zone jedes Internodium.

Thallus meist stark entwickelt und meist lange ausdauernd. Antheridienlager in Form eines regelmässigen, unregelmässigen, zusammenhängenden oder unterbrochenen Bandes. Fruchtkörper in den Stiel allmälig übergehend, niemals scharf abgesetzt; meist nicht verzweigt.

1. *L. nodosa* Kg. Thallus verschieden stark entwickelt, 2—4 mm hoch. Die Hauptaxen dicker als die Verzweigungen. Fruchtkörper meist seitlich in verschiedener Höhe am Thallus. Farbe: hellgrün, olivengrün — schwarz violett.

   Knoten zur Zeit der Reife dick, rund, fast kugelig. Mitte des Internodium stark zusammengezogen. Antheridienband ununterbrochen, breit, unregelmässig, an den reifen Fruchtkörpern kaum noch sichtbar.

α. Farbe der reifen Fruchtkörper hellgrün, trocken olivengrün, Knoten durchscheinend. Papillen, wenig, klein und spitz, auf dem Antheridienlager vertheilt.

Standort: in der Bode unter der Rosstrappe im Harz: Originalstandort Kützing's. Auf Steinen in ziemlich tiefem Wasser. Haftorgane normal ausgebildet.

Anm. Fast nur in *forma incurvata.* (Taf. III, Fig. 1 u. 11.)

β. Farbe dunkel olivengrün — violett. Thallus weniger entwickelt, als Sirodot für seine *L. nodosa* anführt, kaum 2 mm hoch, wenig verzweigt (Taf. III, Fig. 3), sonst im Aussehen übereinstimmend. Fruchtkörper länger und dünner, als bei *α*, Haftorgane meist nur Wurzelfäden, weil auf weicherem Substrat.

Standort: 1. Strassburg, in der Ill am ersten Wehre, auf Ziegelsteinen. (Taf. III, Fig. 12.)
2. Bei Neumühl, in der Kinzig.

2. *L. annulata* Kg. Thallus verschieden stark entwickelt, 2—5 mm lang. Fruchtkörper terminal oder seitlich in geringer Höhe am Thallus.

Farbe: dunkel violett, trocken schwarz. Knoten mehr oder weniger scharfkantig, Antheridienband breit, gleichmässig (selten unterbrochen), auf der Mitte der Knoten; mittlere Zone der Internodien mehr oder weniger zusammengezogen bis cylindrisch.

α. Standort: im Dreisamcanal am Wehre an der Karthause bei Freiburg. Fruchtkörper einfach, dick, mit sehr breitem Antheridienband, ohne Papillen. Typische Form.

Anm.: Ich erhielt diese Form mehrfach, als *L. Thiryana* Wartm. (Taf. III, Fig. 2 u. 9.)

β. Fruchtkörper dünn, Farbe wie oben, Knoten fast scharfkantig, Antheridienband schmäler, zuweilen (aber nur selten) unterbrochen; meist einseitig mit starken Papillen besetzt. Internodien wenig zusammengezogen bis cylindrisch. Fruchtkörper einfach oder pinselförmig verzweigt. (Taf. III, Fig. 10 u. 16.)

Standort: im Gewerbecanal bei Freiburg, auf Holz. Syn. *Lemanea fluviatilis* Wartmann (Originalstandort).

Sacheria. Axile Zellreihe nackt. Anheftungszellen Tförmig, den wandständigen Zellreihen eingeordnet, diese zu 4—6 der Markschicht direct auf- oder eingelagert. Anheftungsstelle $^1/_4$—$^1/_8$ der Gliederlänge unterhalb des oberen Endes der axilen Zellen.

Cystocarpien auf den ganzen Innenraum vertheilt, verschieden gebaut. Antheridienlager in Form von Punkten, runden oder formlosen Flecken zu 2—8 an den Knoten, der Rinde schüsselförmig eingesenkt, flach, oder hervortretend, zuweilen auf warzenförmigen Erhebungen. Fruchtkörper in verschieden langen, meist cylindrischen Stiel allmälig übergehend, oder scharf abgesetzt. Verzweigt oder einfach. Farbe: grün — violett oder braunroth.

Thallus meist sehr reducirt.

1. *Sach. fluviatilis.* Thallus sehr reducirt. 1—2 mm hoch, einfach oder verzweigt. Fruchtkörper an den untersten Zellen der Thallusfäden entspringend, seitlich oder terminal. Junge Fruchtkörper roth gefärbt. — Farbe der reifen Fruchtkörper: grün, olivengrün bis violett oder dunkel violett; trocken dunkel olivengrün, violett — schwarz.

Antheridienlager zu 2—6 im Quirl, flach bis warzenförmig, Papillen fehlend oder vorhanden, zuweilen sehr gross ausgebildet, von der Farbe der Fruchtkörper, oder dunkelroth.

Fruchtkörper verzweigt oder einfach, langgestreckt oder wellig kraus, auf meist langem cylindrischen Stiele deutlich abgesetzt, in kleinen Rasen oder grosse Flächen dicht bedeckend. Dicke $^1/_2$—$1^1/_2$ mm.

Standorte: In den meisten Gebirgsbächen, in verschiedener Tiefe des Wassers von verschiedenster Schnelligkeit.

Anm.: Ich vereinige in dieser Species auch Formen, welche nach Sirodot zu *Sach. rigida* gezogen werden müssten, weil das Hauptmerkmal der Farbe sehr wenig stichhaltig ist, und in der Dicke überhaupt kein Unterscheidungsmerkmal gefunden werden kann. Die Zahl der Antheridienlager wechselt an den Exemplaren von *Sach. fluviatilis* Kg. an ein und demselben Fruchtkörper; andererseits können Formen wie: *Lem. adulta* Kg. und ihre Verwandten, welche schon Rabenhorst zu *Sach. fluviatilis* zieht, nicht unter *Sach. fluviatilis* Sirdt. begriffen werden. Ich habe aus diesen Gründen die enge Definition dieser Species, welche Sirodot giebt, nicht aufrecht erhalten.

α. Farbe: olivengrün — violett, trocken schwarz.

Antheridien meist in drei Kreisen, oder unregelmässigen Flecken, der Rinde eingesenkt, flach oder vorgezogen. Papillen vorhanden oder fehlend, von der Farbe der Fruchtkörper. Fruchtkörper einfach oder bis mehrfach verzweigt, in Rasen verschiedener Grösse.

Sach. fluviatilis Sirdt., *fluviatilis* Ag., *Lem. Thiryana* Wartm. Standort: Okerthal, Eckerthal im Harz. Dreisam bei Freiburg, in Wasser verschiedenen Gefälles, stets fluthend. Inter-

nodien häufig in der Mitte aufgebaucht. (Taf. III, Fig. 8.)

β. Fruchtkörper olivengrün mit röthlichem Schein, trocken fast schwarz. Antheridien 2—5 meist dunkel gefärbt, Papillen meist stark entwickelt, dann dunkelroth gefärbt. (Taf. III, Fig. 13. Taf. I, Fig. 7.)

Lem. adulta Kg. In Bächen und Flüssen des Schwarzwaldes. Hierher gehört auch die von Wartmann beschriebene *Sacheria* aus dem St. Wilhelmsthal am Feldberg, welche auch am Feldsee in einer Meereshöhe von 1000 m noch vorkommt.

γ. Fruchtkörper grün, trocken dunkler, nicht schwarz werdend. Antheridien in 2—4 Kreisen der Rinde eingesenkt, flach, am reifen Fruchtkörper oft kaum sichtbar, oder vorgezogen. Papillen fehlend oder vorhanden, dann von der Farbe des Fruchtkörpers.

Sach. rigida Sirdt. ex parte.

Standorte: Eckerthal, Radauthal, Kalte Thal südl. Wernigerode im Harz. Am unteren Ausgang des Dorfes Wildguttach im Schwarzwald.

δ. Fruchtkörper violett, trocken schwarz, sehr dünn. Antheridienlager kreisrund, zu vier im Quirl, an den wenig und allmälig anschwellenden Knoten, nicht anders gefärbt, wenig vorspringend, oft kaum sichtbar. (Taf. III, Fig. 5.)

Anm.: Diese Form unterscheidet sich durch ihre Farbe und durch die regelmässigen elliptischen Knoten von dem gewöhnlichen Typus der *fluviatilis*, mit der sie aber in dem kurz abgesetzten langen Stiele übereinstimmt. — Ich fand diese Form sowohl im Ilsethal, wie im Eckerthal zwischen Standorten der Formen *α* und *γ*, stets in

Strudeln, meist in tieferem Wasser fluthend, immer an sehr beschatteten Stellen.

Leider war es nicht möglich, Exemplare des Thallus von dieser Form zu erhalten und damit ihre Zugehörigkeit zu *Sach. fluviatilis* mit grösserer Bestimmtheit festzustellen; ich ziehe sie indess zu dieser Species, weil sie in weniger schnell fliessendem Wasser Uebergänge zu α zeigt, und schreibe das veränderte Aussehen der Fruchtkörper den Bedingungen zu, unter denen sie wachsen.

Von allen vier Formen finden sich Ausbildungen, welche lediglich von der Beschaffenheit des engsten Standortes bedingt werden.

1. *forma tenuis.* Fruchtkörper dünn fadenförmig, kurz. In langsam fliessendem Wasser, oder in tiefem Schatten. (Taf. III, Fig. 6.)

2. *forma crispa.* Neben Wasserfällen an Felsen, welche vom Wasser bespritzt oder nur in so weit überfluthet werden, dass die Fruchtkörper an freier Luft liegen, aber stets nass erhalten werden. Meist grosse Flächen bedeckend.

Die Bezeichnung »*crispa*« wählte ich nach dem etwas krauswelligen Aussehen der Fruchtkörper.

Diese Ausbildung der Form β stimmt mit derjenigen der Form α so genau überein, dass ich mich durch sie zuerst von der wirklichen Zusammengehörigkeit der beiden Formen überzeugte. — Die Fruchtkörper sind ziemlich dünn und violett gefärbt; die Papillen sind bei ihr nur wenig entwickelt und von der Farbe der Fruchtkörper.

2. *Sach. rubra n. sp.* Thallus nicht bekannt. Fruchtkörper braunroth, trocken dunkelroth. Steif, knorpelig; in einen kurzen Stiel allmälig übergehend. Meist gekrümmt oder mehrfach stark gebogen.

Antheridienlager zu 2 opponirt dunkelroth, zuweilen zusammenfliessend. Internodien conisch, mit der breiten Seite nach oben, dort häufig zu-

sammengedrückt, daher auf dem Querschnitt oval. (Taf. III, Fig. 7 u. 15.)

Diese Art charakterisirt sich scharf vor allen anderen *Socheria*-Arten durch ihre braunrothe Farbe und ihre harte, knorpelige Consistenz, die selbst dem Messer einen lebhaften Widerstand entgegensetzt. — Sie zeichnet sich anatomisch durch ihre stark verdickten Zellwände aus, welche Eigenschaft sich auch auf die Markzellen erstreckt. — Die Rindenschicht ist immer einfach. (Taf. III, Fig. 14.)

Standort: Inselwasser im Drusethal bei Herges im Thüringerwald. Auf rothem Porphyr. Nie in dichten Rasen, sondern fast zerstreut wachsend.

3. *Sach. caespitosa n. sp.* Thallus stark entwickelt, bis 3 mm hoch, allseitig verzweigt, nicht vergänglich. (Taf. I, Fig. 2 u. 3.) Fruchtkörper immer seitlich an dem oberen Theil des Thallus. Farbe: olivengrün, trocken dunkler, an jungen Fruchtkörpern bis dunkel violett.

Antheridienlager zu 3, seltener 4 im Quirl, kreisrund, der Rinde eingesenkt, schüsselförmig bis flach, von der Farbe des Fruchtkörpers. (Taf. III, Fig. 4 u. 4a.)

Internodien in der Mitte schwach zusammengezogen, daher die Fruchtkörper wellig erscheinen. Diese selbst sind dick, steif, in einen ziemlich langen cylindrischen Stiel allmälig übergehend. Stiele und Fruchtkörper einfach oder bis doppelt verzweigt. (Taf. I, Fig. 1 a u. b.)

In dichten runden Rasen, an Felsen in ganz seichtem, aber schnell fliessendem Wasser, welches im Sommer von Mai bis Oktober versiecht.

Südliche Gebirge der Insel Sardinien.

Diese Art ist der *Sach. rigida* Sirdt. nahe verwandt, mit der sie ausser der Aehnlichkeit des Standortes, noch die Eigenthümlichkeit gemein hat,

dass die Rasen zum grossen Theil aus kurzen 1—2 cm langen, dünnen, cylindrischen Fruchtkörpern bestehen, welche in der Entwickelung zurückgeblieben sind, und zwischen denen einzelne, an meinen Exemplaren bis 10 cm lange Fruchtkörper herausragen.

Auf solchen Fruchtkörpern entsteht durch Auswachsen der äusseren Zellen neuer Thallus, welcher wieder junge Fruchtkörper erzeugt, wie oben ausführlich beschrieben wurde.

Anm.: Die Rinde ist fast durchgängig zweischichtig.

Erklärung der Abbildungen.

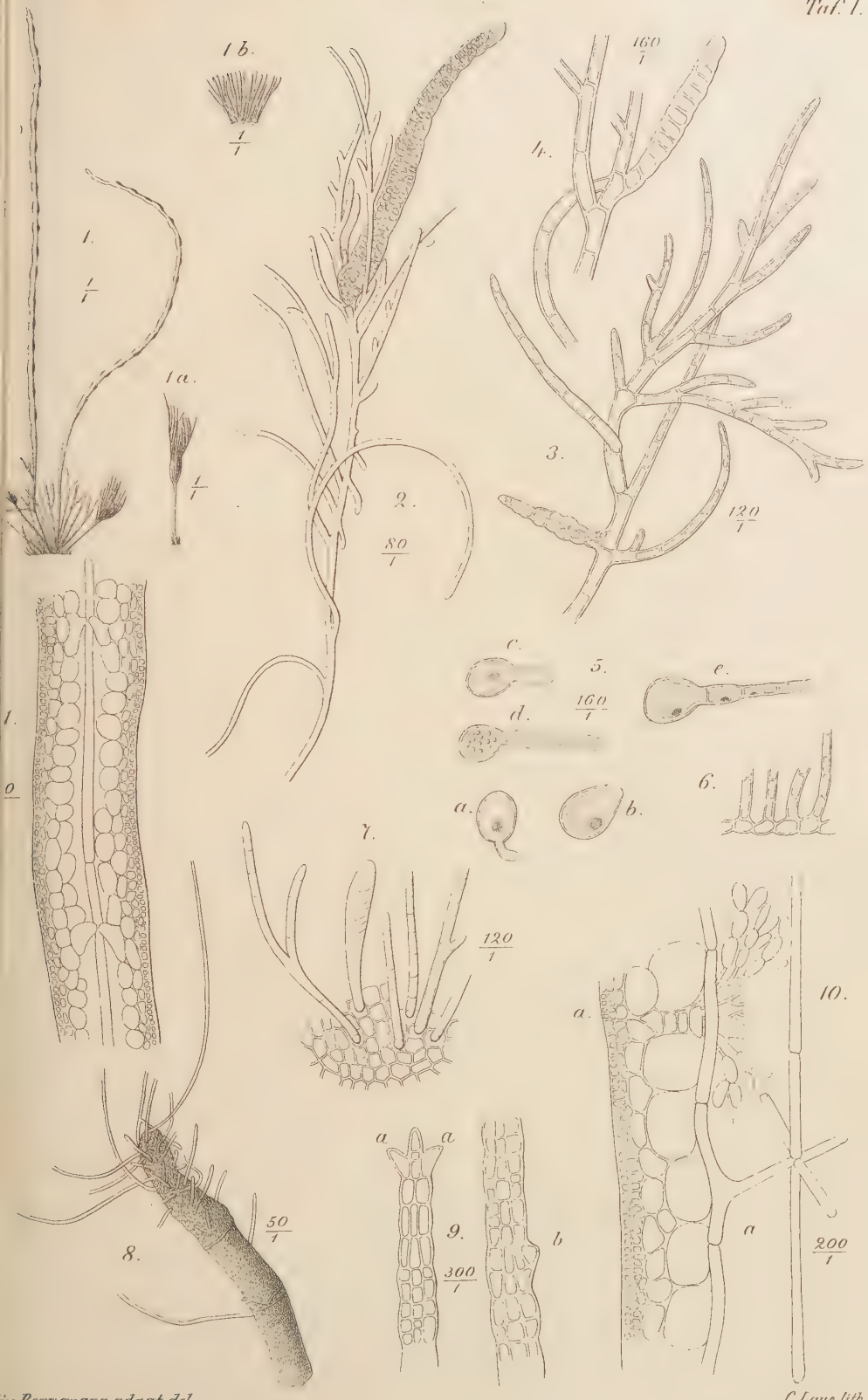
Taf. I, Fig. 1. *Sacheria caespitosa.* nat. Gr.
» 1a. Dichter Rasen junger im Wachsthum zurückgebliebener Fruchtkörper.
» 1b. Ein solcher Fruchtkörper an der Spitze einen Rasen von Thallus und jungen Fruchtkörpern tragend.
» 2—4. Thallus mit Fruchtkörperanlagen.
» 5. Keimende Sporen von *Sach. fluviatilis γ.* in verschiedenen Stadien. b. von *Lem. nodosa β.*
» 6. Theil eines Keimfadens aus dem primären Haftgewebe herauspräparirt, dessen sämmtliche Zellen zu Thallusfäden ausgewachsen sind.
» 7. Primäres Haftgewebe, Thallus und Fruchtkörperanlage von *Sach. fluviatilis β.*
» 8. Fruchtkörperspitze von *Sach. caespitosa* mit zu Thallusfäden ausgewachsenen Zellen.
» 9. Stücke eines jungen Fruchtkörpers von *Sach. caespitosa* mit den ersten Verzweigungsanlagen a u. b.
» 10. Innere Organe und Cystocarp von *Sach. caespitosa.* (Längsschnitt.)
» 11. Längsschnitt durch den Stiel von *Sach. caespitosa.*

Taf. II, Fig. 1—13. Schematische Darstellung der Zelltheilung (Querschnitte). 1—6 *Sacheria.* 7—13 *Lemanea.*

Taf. II, Fig. 14—16. Zelltheilungen.
» 17—18. Wurzelfäden mit Verdickungen v. *Lem. annulata β.*
» 19. Wandständige Zellreihe von *Lem. annulata α.*
» 20. *Sacheria.* Insertion der axilen Zellreihe bei einfachen Verzweigungen.
» 21. Innere Organe von *Lem. nodosa β.*
» 22. Querschnitt durch eine Anheftungsstelle, *Lem. annulata*, mit Schema Fig. 13 übereinstimmend.

Taf. III, Fig. 1. *Lemanea nodosa α.* nat. Gr.
» 2. *Lemanea annulata α.* »
» 3. Thallus und Fruchtkörperanlage von *Lem. nodosa β.*
» 4—13. Internodien- und Knotenbildung.
» 4. *Sacheria caespitosa.* 4a. Längsschnitt durch ein Antheridienlager.
» 5. *Sach. fluviatilis γ.*
» 6. *Sach. fluviatilis, forma tenuis.*
» 7. *Sacheria rubra.*
» 8. *Sach. fluviatilis α—γ.*
» 9. *Lem. annulata α.*
» 10. » » *β.*
» 11. *Lem. nodosa α.* 12. *β.*
» 13. *Sacheria fluviatilis β.* (*adulta* Kg.)
» 14. Cystocarp v. *Sach. rubra* (Längsschnitt).
» 15. *Sach. rubra.* nat. Gr.
» 16. *Lem. annulata β.* nat. Gr. mit pinselförmiger Verzweigung.

A. W. Schade's Buchdruckerei (L. Schade) in Berlin, Stallschreiberstr. 45 46.

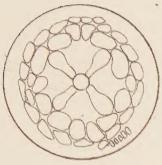


ex Bornemann ad nat. del.

C. Laue lith.

2.

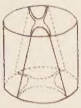
3.



4.

a.

b.

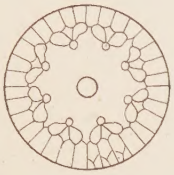


c.

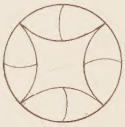
6.

7.

8.



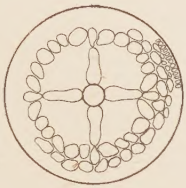
9.



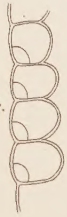
11.

12.

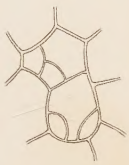
13.



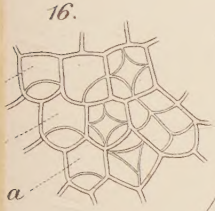
14.



15.



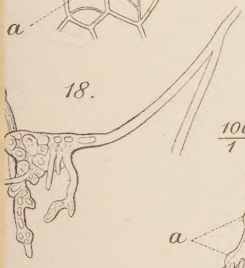
16.



a

c

18.



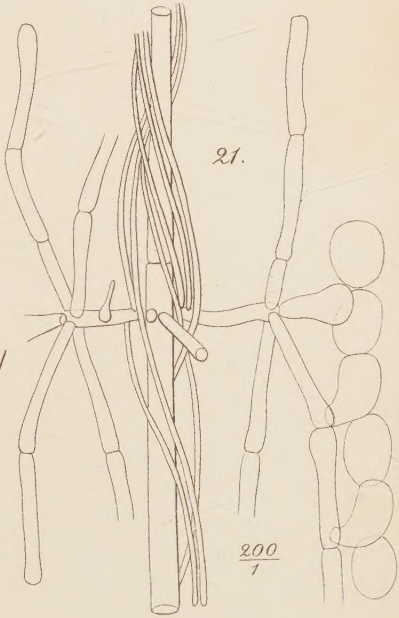
100/1

17.

a

b

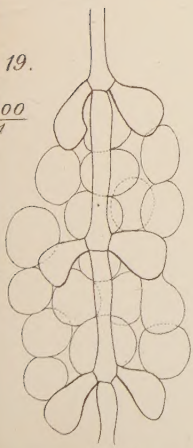
21.



200/1

19.

200/1



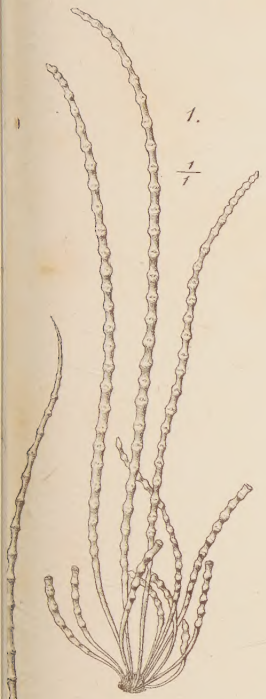
20.

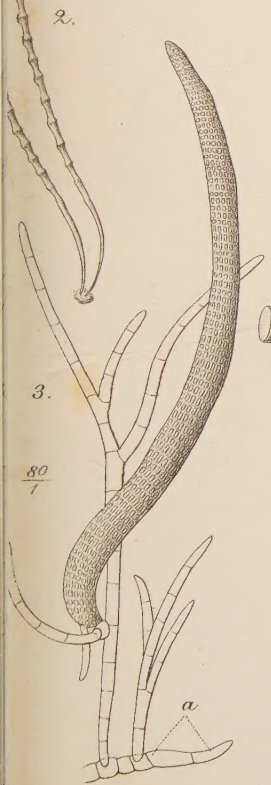
22.

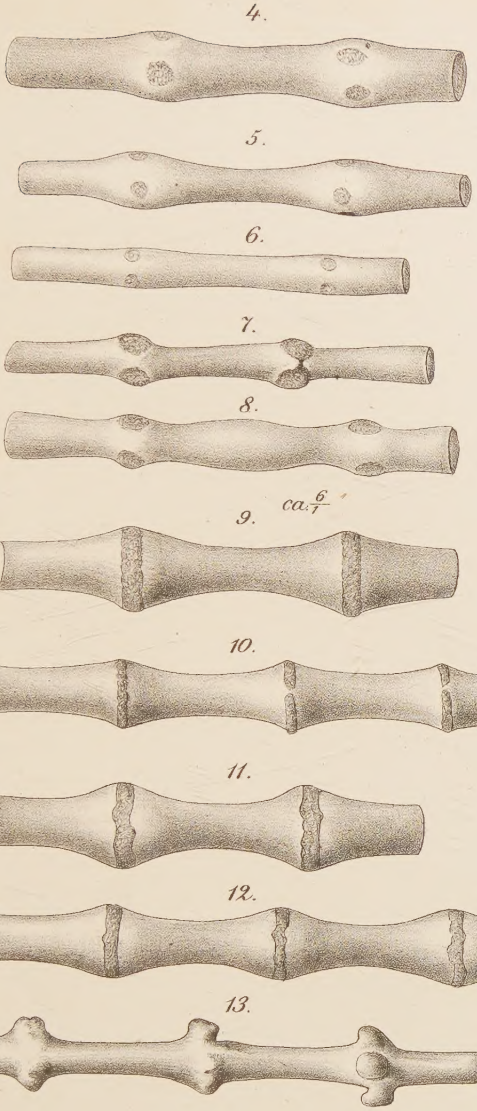
100/1

Vix Bornemann ad nat. del.

C. Laue lith.


1.
1/1

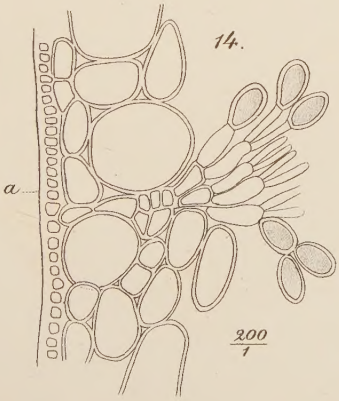

2.
3.
80/1
a


4.
5.
6.
7.
8.
9.
ca. 6/1
10.
11.
12.
13.

4a.

15.
1/1

16.
1/1


14.
a
200/1